

Раздел 8. МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

8.1. Металлы. Общая характеристика. Сплавы

Металлы. Из 110 элементов периодической системы более 80 являются металлами. За исключением благородных металлы в природе в чистом виде не встречаются.

Простые вещества, характеризующиеся при обычных условиях высокими значениями электро— и теплопроводности, отрицательным температурным коэффициентом электропроводности, ковкостью, блеском, пластичностью. В газообразном состоянии, как правило, одноатомны. В твердом состоянии образуют кристаллы с плотно упакованными решетками. Обладают *металлической химической связью*, обуславливающей их характерные свойства. Особенностью металлов является низкая *энергия ионизации* и малое *сродство к электрону*.

Антропогенная деятельность вызывает увеличение содержания **металлов** в окружающей среде. Это является негативным фактором, так как чистые **металлы**— чуждые, незнакомые биосфере вещества, от которых у нее нет эффективных способов защиты.

Интерметаллические сплавы. Химические соединения металлов друг с другом. Относятся к соединениям переменного состава с металлическим типом химической связи. Например: Cu_5Zn_8 , MgCuAl_2 , Al_6Mn .

Твердые растворы. Твердые однородные кристаллические или аморфные (стеклообразные) вещества переменного состава. Основа всех важнейших сплавов, применяемых в технике.

Сплавы. Продукты сплавления или спекания двух или более компонентов, обладающие свойствами как исходных веществ, так и новыми свойствами. Компонентами сплавов могут быть только одни металлы, металлы и неметаллы, только одни неметаллы. Поэтому сплавы часто называют металлическими и неметаллическими. Типичным примером металлических сплавов является сталь, бронза, дюраль.

Примером неметаллических сплавов является многочисленная группа стеклообразных сплавов, керамические материалы.

Сплавы могут быть как *стехиометрическими*, так и *нестехиометрическими соединениями*. В них может осуществляться как металлический тип химической связи, так и ковалентный, а также смешанный (ионно-ковалентный).

Таблица 10

Важнейшие сплавы

Название	Состав	Применение
Сталь	Fe, C (до 1,7%), Mn, Si, S, P, Cr и др.	Машиностроение
Чугун	Fe, C (> 1,7%), Mn, Si, S, P	Тяжелое машиностроение
Бронза	Cu с другими металлами, например, (Sn)	Детали машин, художественное литье
Дюралюмик (дюраль)	Al, Mg, Cu, Mn	Авиа- и автостроение
Латунь	Cu, Zn	Детали машин, приборы, бытовая техника

Черные металлы. Промышленное название железа и его сплавов (чугун, сталь, ферросплавы).

Цветные металлы. Промышленное название всех металлов, за исключением железа. Цветные металлы подразделяют на легкие и тяжелые, тугоплавкие и легкоплавкие, благородные, рассеянные (галлий, индий, таллий и др.), редкоземельные (скандий, иттрий, лантан и все лантаноиды), радиоактивные (технеций, франций, радий, полоний, актиний, торий, протактиний, уран и все *трансурановые элементы*), редкие (металлы, производимые в малых количествах).

Легкие металлы. Общее название группы металлов, обладающих малой плотностью (плотность менее 5 г/см³). К легким металлам относятся: литий, бериллий, натрий, магний, алюминий, калий, кальций, титан, рубидий, стронций, цезий, барий.

Тяжелые металлы. Собирательное название металлов с плотностью более 4,5 г/см³ (в некоторых справочниках к тяжелым металлам относят металлы с плотностью более 5 и даже более 8 г/см³). К тяжелым металлам относятся: медь, свинец, цинк, никель, кадмий, кобальт, сурьма, олово, висмут, ртуть, марганец. Входят в состав *земной коры*. Они являются главными загрязнителями окружающей среды. Попадают в окружающую среду со сточными водами, в результате процессов горения, коррозии или стирания металлических изделий, содержащих тяжелые металлы. Большинство из тяжелых металлов (точнее их ионы), высокотоксичны. Антропогенное рассеивание тяжелых

металлов в биосфере приводит к отравлению или угрозе отравления живых организмов. Особую проблему представляет накопление тяжелых металлов в организме человека (например, кадмия в почках). В городском воздухе содержание тяжелых металлов значительно больше, чем в воздухе сельских районов. Например, по данным немецких ученых средняя концентрация тяжелых металлов в воздухе городов многократно превышает их концентрацию в горных районах страны, в том числе: бериллия — 12-кратное, кадмия — 10-кратное, хрома — 48-кратное, кобальта — 46-кратное, меди — 12,7-кратное, никеля — 25-кратное, ртути — 5-кратное. Значительная часть тяжелых металлов накапливается в почвах крупных городов и пригородов. Поэтому качество производимой на этих территориях сельскохозяйственной продукции должно быть под постоянным контролем, так как именно здесь начинает формироваться поток избыточного количества тяжелых металлов в пищевых цепях.

Тугоплавкие металлы. Металлы, температура плавления которых выше 1000°C. Самую высокую температуру плавления имеет вольфрам — W ($T_{пл} = 3410^\circ\text{C}$), этот самый тугоплавкий металл используют для изготовления нитей электроламп.

Легкоплавкие металлы. Металлы, температура плавления которых ниже 1000°C. Самый легкоплавкий металл — ртуть Hg ($T_{пл} = -39^\circ\text{C}$).

Переходные металлы, d-металлы. d-элементы четвертого, пятого и шестого периода *периодической системы элементов*. Из переходных металлов в природе в свободном состоянии встречаются золото, платина, медь, серебро, ртуть. Остальные переходные металлы находятся только в связанном состоянии в виде оксидов, солей и комплексов. Особенности переходных металлов:

- в образовании химических связей принимают участие s-, p- и d-атомные орбитали, образуют различные типы связей, в том числе ковалентные, полярные;

- все переходные металлы проявляют переменную степень окисления (кроме Zn и Cd);

- оксиды переходных металлов низших степеней окисления проявляют основной характер, средних — амфотерный, высших — кислотный;

- гидриды переходных металлов — кристаллические вещества, являются металлическими проводниками.

Благородные металлы. Общее название химически малоактивных металлов. В группу благородных металлов входят: золото, серебро, платина, рутений, родий, палладий, осмий, иридий. Благородные металлы и сплавы на их основе находят широкое применение при изготовлении ювелирных изделий, хирургических инструментов, термопар, электродов, коррозионностойкой аппаратуры. Благородные металлы используются в качестве катализаторов.

Платиновые металлы. Групповое название шести металлов VIII группы пятого и шестого периодов периодической системы элементов: рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина. Обладают высокой химической стойкостью.

Редкоземельные элементы— Sc, Y, La и 14 лантаноидов.

Лантаноиды— это 14 элементов, следующих за лантаном с порядковыми номерами 58— 71. В атомах этих элементов заполняется 4f-подуровень. Поскольку же химические свойства элементов зависят главным образом от внешних (валентных) электронов, а на 5d- и 6 s-подуровнях у всех лантаноидов имеется одинаковое число электронов, то все эти элементы очень похожи друг на друга, а также на лантан.

Название *редкоземельные элементы* относится как ко всем лантаноидам, так и еще к трем элементам: скандию, иттрию и лантану, находящимися в побочной подгруппе III группы и являющимися d-элементами. Такое объединение 17 элементов под одним названием связано с тем, что Sc, Y и La очень похожи по химическим свойствам на лантаноиды.

Трансурановые элементы— искусственно полученные элементы, следующие за ураном.

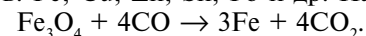
8.2. Получение металлов. Коррозия

Руды. Природные соединения, которые используют для получения металлов в промышленности. Важнейшие руды металлов в природе— оксиды, сульфиды, сульфаты, карбонаты и др.

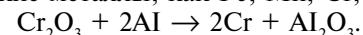
Металлургия. Область науки и техники, связанная с промышленным получением металлов из природных соединений. Metallургия основана на реакциях окисления-восстановления. В зависимости от способов получения металлов различают пирометаллургию и электрометаллургию.

Пирометаллургия. Восстановление металлов из их оксидов

при высоких температурах. В качестве восстановителей применяют уголь (C), оксид углерода (II) (CO), водород (H₂), метан (CH₄), активные металлы. Пирометаллургия — главный метод получения металлов: Fe, Cu, Zn, Sn, Pb и др. Например:



Металлотермия. Пирометаллургический метод получения металлов, если в качестве восстановителей применяются также активные металлы, как Mg, Ca, Na, Al (алюминотермия). Металлотермическим способом можно восстанавливать из оксидов и галогенидов такие металлы, как Fe, Mn, Cr, V, Ti. Например:



Гидрометаллургия. Восстановление металлов из растворов их солей; чаще всего используется для переработки руд с низким содержанием металла. Гидрометаллургическим методом получают до 25 % всей добываемой Cu, а также Au, Ag, Zn, Cd, Mo, U.

Электрометаллургия. Получение металлов с помощью электролиза. Этим способом получают активные металлы из их оксидов и хлоридов: K, Na, Ca, Al.

Легирование металлов. Введение в металлы различных добавок для получения сплавов заданного состава и структуры с требуемыми физическими, химическими и механическими свойствами. Вводимые добавки могут быть металлами и неметаллами в свободном состоянии, представлять собой сплавы или вещества в газообразном состоянии. Из металлических добавок чаще всего вводят хром, никель, вольфрам и другие. Путем легирования получают различные сорта сталей, широко используемые в промышленности, для изготовления предметов домашнего обихода.

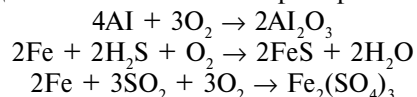
Коррозия металлов. Самопроизвольно протекающий процесс разрушения металлов и сплавов за счет воздействия окружающей среды.

Коррозию называют “болезнью века”. Из ~ 24 млрд.т железа, выплавленных во всем мире на данный момент времени, примерно только 9 млрд.т его находится в машинах, деталях и т.д., остальные 15 млрд.т уничтожены коррозией, рассеяны в биосфере. В нашей стране прямые потери стали от коррозии ежегодно составляют около 15 млн.т. Сейчас в мире выплавляется в среднем 0,7 млрд.т стали в год, а уничтожается в результате коррозии более 10 % от этого количества. Наибольшее число разрывов на магистральных стальных трубопроводах связано с ней. Из-за коррозии мощность двигателей внутреннего сгорания снижается

на 15%, а средняя продолжительность жизни стальных изделий, как и изделий из цветных и черных металлов, составляет 15 лет.

Коррозионная среда, агрессивная среда. Среда, в которой происходит коррозия металла. В результате коррозии образуются соединения (оксиды, гидроксиды, карбонаты, сульфиды и другие соли). В зависимости от механизма коррозии ее делят на химическую и электрохимическую.

Газовая коррозия. Процесс прямого окисления металлов под действием агрессивных газов при высоких температурах, исключая конденсацию влаги на поверхности металлов и сплавов. Разновидность *химической коррозии*. При газовой коррозии может образовываться оксидная пленка, которая в ряде случаев прекращает доступ кислорода во внутренние слои металла. В этом случае коррозия прекращается. Подобные защитные пленки образуются в сухом воздухе на тантале, хrome, цинке, бериллии и других металлах. Толщина пленки $3 \div 5$ нм. Примеры газовой коррозии:



Газовой коррозии подвергаются детали и узлы двигателей внутреннего сгорания, газовых турбин, ракетных установок. Она имеет место также в процессах обработки металлов при высоких температурах.

Химическая коррозия. *Разрушение металла под действием агрессивной среды:* пара, хлора, оксидов азота, оксида серы (IV), сероводорода и других веществ. Химическая коррозия часто наблюдается при термохимической обработке металлов, при работе нагревательных устройств и двигателей внутреннего сгорания.

Электрохимическая коррозия. Самопроизвольное разрушение металлов в присутствии электролита в результате образования *гальванического элемента* (гальванической пары). Представляет собой окислительно-восстановительный гетерогенный процесс, который в отличие от химической коррозии происходит в средах, проводящих ток. Очень часто наблюдается в окружающей среде. Важное отличие электрохимической коррозии от химической состоит в том, что в первом случае процессы окисления и восстановления протекают на разных металлах или разных по химической активности участках одного и того же металла и связаны с переносом электронов, т.е. с возникновением электрического тока.

На аноде гальванического элемента происходит окисление металла с образованием катионов металла или нерастворимых продуктов, например, ржавчины. Освобождающиеся электроны при наличии проводящей среды перемещаются от анода к катоду, на котором происходит восстановление окислителя. Растворенный кислород и ионы водорода— важнейшие окислители, вызывающие коррозию. Электрохимическая коррозия одна из главных причин разрушения металлических изделий и загрязнения окружающей среды соединениями металлов.

Химическая стойкость. Свойство веществ и материалов выдерживать действие химически *агрессивных сред*. Различают кислотостойкость, щелочестойкость, коррозионностойкость. Стальные изделия после обработки лазером имеют высокую химическую стойкость.

Коррозийная стойкость. Способность материала сопротивляться действию *агрессивной среды*, чаще всего кислотной или щелочной. Определяется химическим составом и структурой материала, наличием механических напряжений, состоянием поверхности, агрессивностью и условиями воздействия *внешней среды*, наличием контактов с другими материалами и объектами живой и неживой природы.

Коррозионностойкие сплавы. *Сплавы*, способные сопротивляться воздействию *агрессивной среды*, медленно подвергающиеся коррозии. *Коррозионная стойкость* многих сплавов существенно возрастает, если их поверхность обработать излучением лазера или если получить сплавы в *аморфном состоянии*.

Защита металлов от коррозии. Замедление или прекращение коррозии металлов с помощью различных методов. Методы защиты металлов от коррозии: легирование металлов, нанесение или создание поверхностных покрытий (металлических, неметаллических, аморфных), электрохимическая защита, изменение коррозионной среды (ослабление коррозионной агрессивности среды).

Поверхностные покрытия. Слои, специально созданные на поверхности металлических изделий для защиты металлов от коррозии. По свойству металлического покрытия их делят на *анодные и катодные покрытия*. Неметаллические покрытия делятся на неорганические и органические. Из неорганических наиболее важное значение имеют поверхностные покрытия на железе, например, оксидные и фосфатные пленки, из органических—

лаки. В последнее время создают аморфные (стеклообразные) слои на поверхности металлов и сплавов (металлические стекла) путем лазерной обработки. Изделия из таких металлов и сплавов обладают высокой коррозионной стойкостью и служат гораздо дольше.

Ингибирование. Защита изделий от разрушения с помощью ингибиторов.

Ингибиторы. Вещества, препятствующие коррозии. Ингибиторами коррозии могут служить некоторые органические вещества, а также неорганические — нитраты, нитриты, фосфаты, хроматы, дихроматы и др.

В основном ингибирование применяют для изделий, работающих или контактирующих с водными растворами. Например: металлическая аппаратура для химических процессов, турбины на гидростанциях. Действие большинства ингибиторов в этих случаях основано на адсорбции молекул или ионов ингибиторов на корродирующей поверхности и замедлении скорости процессов коррозии или перевода поверхности металлических изделий в пассивное состояние.

Цинкование. Процесс нанесения на поверхность металлических изделий слоя цинка. Одно из важнейших процессов, применяемых для защиты металлических изделий от коррозии.