

емкость закройте пробкой. Во вторую и третью емкости до половины их объема налейте водопроводную воду. Вторую емкость закройте пробкой, а в третью добавьте еще немного (на кончике ножа) поваренной соли и также закройте пробкой. Через 3—4 дня проверьте, какие изменения произошли с гвоздиками. Расскажите о результатах исследования на уроке, продемонстрируйте их.

## § 46. Коррозия металлов. Защита от коррозии

Под действием кислорода и воды, а также других веществ, содержащихся в окружающей среде, изделия из металлов и сплавов постепенно разрушаются или, как говорят, *корродируют*, подвергаются *коррозии* (от лат. *corrosio* — разъедание).

**!** **Коррозия — это разрушение металлов и сплавов под действием веществ из окружающей среды.**

В основе коррозии лежат окислительно-восстановительные реакции, в которых металлы играют роль восстановителей, а компоненты окружающей среды (кислород, вода и др.) — роль окислителей. В результате этих реакций металлы превращаются в различные сложные вещества — оксиды, гидроксиды, соли. Например, изготовленные из железа лопатки газовых турбин, сопла ракетных двигателей, колосники, арматура печей при высоких температурах постепенно разрушаются из-за окисления:



Образующаяся на их поверхности рыхлая пленка *железной окалины*  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  отшелушивается, не защищая металл от дальнейшего окисления.

Если железные изделия длительное время контактируют с влажным воздухом (или с водой в присутствии воздуха), они постепенно разрушаются, покрываясь бурой *ржавчиной* (рис. 132). Ее состав можно условно выразить формулой  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ :



Ржавчина, так же, как и железная окалина, не защищает металл от дальнейшего окисления. Этот вид коррозии железа, называемый



Рис. 132. Ржавчина на железном изделии



Рис. 133. Патина на скульптуре из бронзы

*ржавлением*, хорошо знаком нам из повседневной жизни. Автомобили и сельскохозяйственная техника, литье из чугуна и стальная проволока, железные замки и гвозди, топоры, молотки и другие предметы быта ржавеют и приходят в негодность от воздействия влаги и воздуха.

Изделия из железа разрушаются также под воздействием кислотных дождей. Коррозии подвергаются не только железо и его сплавы, но и другие металлы. Так, под действием воздуха, водяного пара и углекислого газа постепенно корродируют медь и ее сплавы (например, бронза). В результате коррозии на их поверхности образуется пátина — слой вещества зеленого цвета (рис. 133). Его состав условно можно выразить формулой  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ . Этот слой достаточно рыхлый и не защищает изделия от дальнейшего разрушения.

Скорость коррозии металлов зависит от ряда факторов. Это, во-первых, внешние условия — температура и влажность воздуха. Чем они выше, тем быстрее корродирует металл. Во-вторых, это наличие в металле различных неоднородностей — примесей, участков с разной плотностью. Чем меньше в металле примесей, тем медленнее он корродирует.



В Индии возле города Дели находится знаменитая Кутубская колонна высотой 7,3 м и массой 6,5 т, изготовленная из железа. Несмотря на то что колонне почти 1700 лет, она сохранилась в хорошем состоянии, на ней почти нет ржавчины. Согласно одной из гипотез долговечность и коррозионная устойчивость колонны объясняются низкой влажностью воздуха и очень малым количеством различных примесей в железе, из которого она сделана.



### Коррозия при контакте двух металлов

Проведем небольшой эксперимент. Возьмем два стаканчика с водой и в каждый из них поместим по одной железной и по одной оловянной пластинке. Сделаем это так, чтобы в первом стаканчике металлы не контактировали между собой, а во втором — наоборот, соприкасались друг с

другом (рис. 134). Для ускорения коррозии металлов в стаканчики добавим по небольшой щепотке поваренной соли.

Через некоторое время мы увидим, что в первом стаканчике оба металла, не контактировавшие друг с другом, подверглись коррозии: железная пластинка покрылась бурым, а оловянная — белым налетом. В то же время во втором стаканчике, в котором металлы соприкасались, коррозии подверглось только железо, причем намного сильнее, чем в первом. Оловянная пластинка при этом практически не изменилась.

Если повторить этот же эксперимент, но в каждый стаканчик вместе с железной опустить цинковую пластинку, то в первом из них результат будет тем же — оба металла, не контактировавшие друг с другом, подвергнутся коррозии. Зато во втором стаканчике сильно прокорродирует только один — цинк.

Для подведения итогов эксперимента сравним активность использованных металлов, исходя из их положения в ряду активности. Самым активным из них является цинк, менее активным — железо, и самым неактивным — олово. Учитывая это и принимая во внимание результаты опытов, сделаем выводы:

- Если два металла не соприкасаются в водной среде, то коррозии подвергается каждый из них.
- Если два металла соприкасаются в водной среде, то корродирует только один — более активный металл (в первом опыте — железо, во втором — цинк).

Таким образом, в водной среде коррозия металла усиливается при его соприкосновении с менее активным и замедляется при его контакте с более активным металлом.

### Защита металлов от коррозии

Материальные потери, связанные с коррозией изделий из металлов, огромны. Ежегодно коррозии подвергается примерно четвертая часть всего выплавляемого в мире железа. Для защиты металлов от коррозии применяют разнообразные методы.

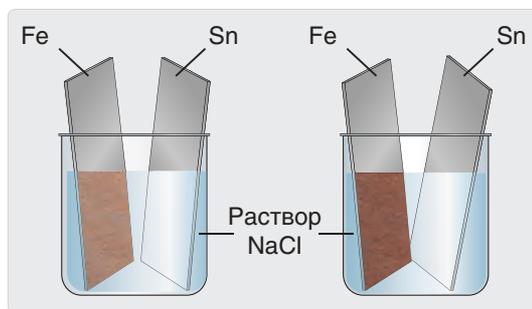


Рис. 134. Коррозия при контакте двух металлов



Рис. 135. Эмалированные изделия

Наиболее распространенный из них — нанесение на поверхность металлов различных покрытий. К **неметаллическим покрытиям** относятся эмали (ими покрыты эмалированные ванны, кастрюли, электро- и газовые плиты) (рис. 135), лаки, краски (ими покрывают кузова автомобилей, речных и морских судов), специальные смазки и масла.



В 1617 г. в Англии был выдан патент на изобретение защиты рыцарских доспехов (кольчуг и лат) от коррозии с помощью специального масла.

**Металлические покрытия** представляют собой тонкие слои (пленки) металлов — никеля, хрома, олова, цинка и др. Нанесение покрытий из никеля (*никелирование*) и хрома (*хромирование*) на металлические изделия служит как для защиты от коррозии, так и для придания характерного серебристого блеска (рис. 136).

Нанесение слоя олова называется *лужением*, а металлы, покрытые оловом, — *лужёными* металлами. Железо, покрытое слоем олова, называют *луженым железом*, а с нанесенным слоем цинка — *оцинкованным*

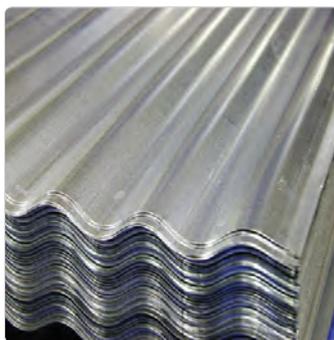
Никелированные  
изделияИзделия  
из оцинкованного  
железаЦинковые накладки  
на корпусе корабля

Рис. 136. Металлические покрытия

железом. Поскольку по сравнению с железом олово — менее активный металл, во влажном воздухе при нарушении целостности оловянного покрытия разрушается находящееся под ним более активное железо. В этом случае слой олова слабо защищает железо от коррозии. Луженое железо применяют в основном для изготовления изделий, в которых вероятность механического повреждения оловянного покрытия исключается (различного рода емкости в пищевой индустрии). Что касается цинка, то он более активен, чем железо. Поэтому при нарушении целостности цинкового покрытия на железном изделии в первую очередь разрушается более активный цинк, т. е. само покрытие, и пока оно не разрушится полностью, железо остается целым. Из оцинкованного железа изготавливают ведра, водосточные трубы, проволоку для морских канатов, кровельную жечь и другие изделия (см. рис. 136).

Иногда для защиты металлов от коррозии их обрабатывают **специальными реагентами**. В результате химических реакций на поверхности металлов образуется тонкая, но прочная пленка продукта реакции, защищающая металл от коррозии. Это происходит, например, при обработке поверхности железа концентрированной фосфорной кислотой (*фосфатирование железа*).

Часто металлы защищают от коррозии, создавая на их поверхности оксидные пленки. Процесс их нанесения называется **оксидированием металлов**. Разновидностью оксидирования является *воронение* стали, при котором ее поверхность обрабатывается в специальных условиях различными окислителями. В зависимости от толщины образующаяся оксидная пленка может иметь желтую, коричневую, вишневую, фиолетовую, синюю, серую или черную окраску.

Эффективным способом борьбы с коррозией является **использование протекторной защиты**. Она основана на том, что при контакте двух металлов коррозии подвергается более активный из них, называемый протектором. Например, для защиты стальных корпусов кораблей к ним прикрепляют накладки более активных, чем железо, магния или цинка (см. рис. 136, справа). Ведь при контакте с железом в морской воде они разрушаются в первую очередь, а корпус корабля остается целым.

Для защиты металлов от разрушения используют **ингибиторы коррозии**. Так называются вещества, замедляющие разрушение металлов. Их добавляют, например, в воду или в растворы, с которыми контактирует тот или иной металл. Например, ингибиторами коррозии железа являются хроматы, нитриты, силикаты натрия и калия, соли органических кислот.

Еще один важный способ защиты металлов от коррозии называется **легированием** (от нем. *legieren* — сплавлять). Он заключается в том, что в металл вводят определенные количества других металлов, т. е. получают сплавы, устойчивые к коррозии. К ним относится, например, нержавеющая сталь, содержащая до 18 % хрома и до 10 % никеля.

*Коррозия — это разрушение металлов и их сплавов под действием окружающей среды.*

*В основе коррозии металлов и сплавов лежат окислительно-восстановительные реакции, в которых атомы металлов играют роль восстановителей, а компоненты окружающей среды — роль окислителей.*

*Коррозия металла во влажной среде резко усиливается при соприкосновении его с менее активным металлом и замедляется, если металл соприкасается с более активным металлом.*

*Для защиты металлов от коррозии используют разные методы: нанесение защитных покрытий, использование ингибиторов, легирование.*



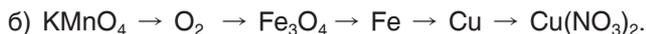
### Вопросы и задания

1. Что представляет собой коррозия металлов? Какие вещества окружающей среды вызывают коррозию?
2. Какие реакции лежат в основе коррозии металлов? Какую роль в этих процессах играют металлы?
3. Вещества каких классов могут быть продуктами коррозии? Что представляет собой и в каких условиях образуется железная окалина? Ржавчина? Патина?
4. При контакте железа с каким из металлов — серебром или магнием — железо будет корродировать медленнее? Приведите примеры других металлов, в контакте с которыми коррозия железа будет замедляться.
5. Почему в прежние времена, когда в стоматологии широко использовались металлические зубные коронки, врачи не рекомендовали ставить золотую коронку рядом со стальной?
6. Перечислите и кратко охарактеризуйте важнейшие способы защиты металлов от коррозии. Что представляет собой луженое железо? Какие изделия из никелированного или хромированного железа встречаются в повседневной жизни?

7. Вулкан Килауэа, извергавшийся в мае 2018 г. на Гавайях, выбросил в воздух огромное количество сернистого газа  $\text{SO}_2$ . Это стало причиной кислотных дождей с небывало высоким содержанием серной кислоты. Ее массовая доля в одном из образцов дождевой воды, выпавшей недалеко от вулкана, составила 0,18 %. Рассчитайте массу железа, которое может раствориться в такой дождевой воде массой 10 кг.

### Готовимся к олимпиадам

1. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



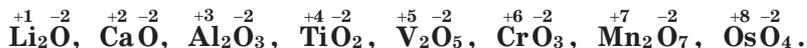
2. Печной колосник (железная решетка для прохода воздуха под дровами) в результате длительного использования покрылся слоем окалины. Рассчитайте объем (н. у.) кислорода, прореагировавшего с железом, если масса прокорродировавшего колосника равна 2,65 кг, а массовая доля содержащейся на нем окалины составляет 8 %.

## § 47. Соединения металлов. Оксиды и гидроксиды

В результате взаимодействия металлов с простыми и сложными веществами образуются соединения разных классов. Это, например, оксиды, гидроксиды, соли и некоторые другие вещества.

### Оксиды металлов

Практически все металлы образуют оксиды. Их состав выражается общей формулой  $\overset{+x}{\text{Me}}\overset{-2}{\text{O}}_x$ , где  $\text{Me}$  — обозначение металла в общем виде. Степень окисления металлов в оксидах изменяется в интервале от +1 до +8, например:



### Состав, строение, физические свойства.

Большинство оксидов металлов — вещества немолекулярного строения. Они представляют собой твердые тугоплавкие вещества.

Многие оксиды металлов имеют окраску (рис. 137).



Рис. 137. Окраска оксидов некоторых металлов