

НАНОСТРУКТУРНАЯ ПРИРОДА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Стеценко В.Ю.

Стеценко Владимир Юзефович – доктор технических наук,
Институт технологии металлов НАН Беларуси,
Ассоциация литейщиков и металлургов Республики Беларусь,
г. Могилев, Республика Беларусь

Аннотация: в статье рассмотрены химическая реакция окисления калия кислородом и химическая реакция взаимодействия калия с водой. Показано, что эти реакции являются наноструктурными процессами. Кристаллическая решетка калия, при его окислении кислородом, не атомизируется, а распадается на нанокристаллы калия. В результате наноструктурных реакций кристаллическая решетка калия превращается в кристаллическую решетку оксида калия. Кристаллическая решетка калия, при его взаимодействии с водой, не атомизируется, а распадается на нанокристаллы калия. В результате наноструктурных реакций кристаллическая решетка калия превращается в кристаллическую решетку гидроксида калия.

Ключевые слова: химическая реакция, калий, кислород, вода, нанокристаллы, молекулы, кристаллическая решетка.

NANOSTRUCTURAL NATURE OF CHEMICAL REACTIONS

Stetsenko V.Yu.

Stetsenko Vladimir Yuzefovich – Dr. of Engineering Science,
INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF METALS OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS, ASSOCIATION
OF FOUNDRYMEN AND METALLURGISTS OF BELARUS
MOGILEV, REPUBLIC OF BELARUS

Abstract: the chemical reaction of potassium oxidation by oxygen and the chemical reaction of potassium interaction with water are considered in the article. It is shown that these reactions are nanostructural processes. The crystal lattice of potassium, when it is oxidized by oxygen, does not atomize, but breaks down into potassium nanocrystals. As a result of nanostructural reactions, the potassium crystal lattice is transformed into a potassium oxide crystal lattice. The crystal lattice of potassium, when it interacts with water, does not atomize, but breaks down into potassium nanocrystals. As a result of nanostructural reactions, the potassium crystal lattice is transformed into a potassium hydroxide crystal lattice.

Keywords: chemical reaction, potassium, oxygen, water, nanocrystals, molecules, crystal lattice.

УДК 635.75

Рассмотрим химическую реакцию окисления металлического калия молекулярным кислородом:



где K_{mc} и $(K_2O)_{mc}$ – микрокристаллы калия и его оксида; ΔH_1° – стандартная энтальпия реакции (1).
Значение ΔH_1° определяется следующим уравнением [1]:

$$\Delta H_1^\circ = 2\Delta H^\circ(K_2O), \quad (2)$$

где $\Delta H^\circ(K_2O)$ – стандартная энтальпия образования оксида калия.

Величина $\Delta H^\circ(K_2O) = -362$ кДж/моль [2]. Тогда $\Delta H_1^\circ = -724$ кДж.

Принято считать, что химические реакции, в основном, происходят на атомно-молекулярном уровне. Пусть кристаллическая решетка калия распадается на атомы калия (K_a) – атомизируется. Тогда процесс окисления калия кислородом будет происходить по следующей реакции:



где ΔH_2° – стандартная энтальпия реакции (3).

Реакцию (3) можно получить, прибавив к реакции (1) следующую реакцию:



где ΔH_3° – стандартная энтальпия реакции (4).
Значение ΔH_3° определяется следующим уравнением:

$$\Delta H_3^\circ = -4\Delta H_a^\circ(K), \quad (5)$$

где $\Delta H_a^\circ(K)$ – стандартная энтальпия атомизации калия.
Величина $\Delta H_a^\circ(K) = 90,5$ кДж/моль [3]. Тогда $\Delta H_3^\circ = -362$ кДж.
Поскольку $\Delta H_2^\circ = \Delta H_1^\circ + \Delta H_3^\circ$, то величина $\Delta H_2^\circ = -1086$ кДж.

Стандартная энтальпия реакции (3) (-1086 кДж) значительно меньше реальной стандартной энтальпии реакции (1) (-724 кДж). Это означает, что реакция окисления металлического калия молекулярным кислородом происходит без атомизации кристаллической решетки микрокристаллов калия. Если предположить, что молекулы кислорода вступают в реакцию с кристаллической решеткой металлического калия, не разрушая его решетку, то реакция (1) будет идти очень медленно – в диффузионном режиме. Но реально металлический калий в атмосфере кислорода окисляется очень быстро – сгорает. Это может происходить только в том случае, если микрокристаллы калия под действием кислорода распадаются на нанокристаллы калия (K_n).

Процесс формирования микрокристаллов калия происходит путем соединения нанокристаллов калия посредством атомов калия [4]. Эти соединительные атомы, вступая в реакцию с кислородом, образуют молекулы оксида калия – $(K_2O)_m$. В результате микрокристаллы калия распадаются на K_n . Такое диспергирование K_{mc} значительно ускоряет процесс их окисления кислородом, причем без атомизации кристаллической решетки нанокристаллов калия. При этом образуются нанокристаллы оксида калия – $(K_2O)_n$ по следующей реакции:



Нанокристаллы оксида калия, соединяясь посредством молекул оксида калия, образуют дендритные микрокристаллы оксида калия по следующей качественной реакции:



Таким образом, кристаллическая решетка металлического калия, при его окислении кислородом, не атомизируется; нанокристаллы калия, вступая в реакцию с кислородом, образуют нанокристаллы оксида калия. При этом элементарная кристаллическая решетка калия превращается в элементарную кристаллическую решетку оксида калия. Известно, что эти решетки кубические, поэтому похожи между собой [2, 3].

Рассмотрим химическую реакцию взаимодействия калия с водой:



где $(KOH)_{mc}$ – микрокристаллы гидроксида калия, ΔH_4° – стандартная энтальпия реакции (8).
Значение ΔH_4° определяется следующим уравнением [1]:

$$\Delta H_4^\circ = 2\Delta H^\circ(KOH) - 2\Delta H^\circ(H_2O), \quad (9)$$

где $\Delta H^\circ(KOH)$, $\Delta H^\circ(H_2O)$ – стандартные энтальпии образования гидроксида калия и воды.
Величина $\Delta H^\circ(KOH) = -427$ кДж/моль, а величина $\Delta H^\circ(H_2O) = -286$ кДж/моль [2]. Тогда $\Delta H_4^\circ = -282$ кДж.

Вода на 87% состоит из нанокристаллов льда (I_n) и на 13% – из молекул воды – $(H_2O)_m$ [5]. Принято считать, что химические реакции, в основном, происходят на атомно-молекулярном уровне. Пусть кристаллическая решетка калия распадается на атомы калия – атомизируется. Тогда реакция между калием и водой будет происходить следующим образом:



где ΔH_5° – стандартная энтальпия реакции (10).
Реакцию (10) можно получить, прибавив к реакции (8) реакцию (4).
Поскольку $\Delta H_5^\circ = \Delta H_4^\circ + \Delta H_3^\circ$, то величина $\Delta H_5^\circ = -644$ кДж.

Стандартная энтальпия реакции (10) (–644 кДж) значительно меньше реальной стандартной энтальпии реакции (8) (–282 кДж). Это означает, что реакция взаимодействия металлического калия с водой происходит без атомизации кристаллической решетки микрокристаллов калия.

Если предположить, что молекулы воды и нанокристаллы льда воды вступают в реакцию с кристаллической решеткой металлического калия, не разрушая его решетку, то реакция (8) будет происходить очень медленно – в диффузном режиме. Но реально металлический калий быстро реагирует с водой. Это может происходить только в том случае, если микрокристаллы калия под действием молекул воды распадаются на нанокристаллы калия.

Процесс формирования микрокристаллов калия происходит путем соединения нанокристаллов калия посредством атомов калия [4]. Эти соединительные атомы, вступая в реакцию с молекулами воды, образуют молекулы гидроксида калия – $(KOH)_m$. В результате микрокристаллы калия распадаются на нанокристаллы калия. Такое диспергирование K_{mc} значительно ускоряет процесс образования гидроксида калия, причем без атомизации кристаллической решетки K_n . При этом образуются нанокристаллы гидроксида калия – $(KOH)_n$ по следующей качественной реакции:



В результате элементарная кристаллическая решетка калия превращается в элементарную кристаллическую решетку гидроксида калия. Последняя является ромбической, а при температуре 573 К – кубической [2]. Элементарная кристаллическая решетка нанокристаллов льда в воде гексагональная [2]. Эта решетка не похожа на элементарную кубическую решетку нанокристаллов калия. Поэтому следует полагать, что нанокристаллы льда воды, при их взаимодействии с нанокристаллами калия, распадаются на молекулы воды. Последние, взаимодействуя с K_n , образуют нанокристаллы гидроксида калия с соответствующей элементарной кристаллической решеткой.

Нанокристаллы гидроксида калия, соединяясь посредством $(KOH)_m$, образуют микрокристаллы гидроксида калия по следующей качественной реакции:



Заключение

Химические реакции окисления калия кислородом и взаимодействия калия с водой являются наноструктурными процессами.

При окислении калия его кристаллическая решетка не атомизируется, а распадается на нанокристаллы калия, которые, вступая в реакцию с молекулами кислорода, образуют нанокристаллы оксида калия.

Микрокристаллы оксида калия образуются в результате соединения нанокристаллов оксида калия посредством молекул оксида калия.

При взаимодействии с водой кристаллическая решетка калия не атомизируется, а распадается на нанокристаллы калия, которые, вступая в реакцию с молекулами воды, образуют нанокристаллы гидроксида калия.

Микрокристаллы оксида калия формируются при соединении нанокристаллов гидроксида калия посредством молекул гидроксида калия.

Список литературы / References

1. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия. М.: Металлургия, 2001. 688 с.
2. Справочник химика. Т. 1. Л.: Химия, 1971. 1072 с.
3. Свойства элементов: справочник. Ч. 1 / Под ред. Г. В. Самсонова. М.: Металлургия, 1976. 600 с.
4. Стеценко В.Ю. Структура и кристаллизация жидких металлов // Сталь. 2024. № 1. С. 5–7.
5. Стеценко В.Ю. О структуре воды // Литье и металлургия. 2024. № 3. С. 98–99.