

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В ВОЗДУХЕ В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУР 250-625⁰С

Копыт Н.Х., Копыт Н.Н., Калинин В.В., Черненко А.С.

*Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова,
ул. Дворянская, 2, г. Одесса, 65082, Украина
nikkopyt@gmail.com*

Представлены основные результаты экспериментальных и теоретических исследований процессов окисления железа в области температур от 250 до 625⁰С выполненных в ОНУ имени И.И. Мечникова. Проведено экспериментальное определение зависимости толщины оксидной пленки от температуры.

Для изучения окисления использовался метод интерференционной индикации, основанный на линейной оптике и позволяющий, не измеряя прямым способом толщину оксидной пленки, определить кинетические характеристики процесса. Исследования проводилось с помощью горизонтальной трубчатой печи из кварцевого стекла на пластинках железа марки ЖЧК-2 и размерами 20х10х1 мм. Нагревательные элементы располагались с двух концов трубки, между ними находилась обзорное окно. Боковые отверстия трубки закрывались шамотовыми пробками. Образцы обезжиривались если высушивались. Толщина пленки оценивалась по цветам побежалости.

При проведении исследований время появления цветов побежалости при температурах ниже 200⁰С измерялась часами и днями. Электронографические исследования интерференционно окрашенных оксидных пленок, выращенных при температурах 250 – 400⁰С показали, что основными составляющими оксидных пленок независимо от температуры образования и толщины является оксид $\alpha - Fe_2O_3$. Впервые для этой области температур определена константа окисления, которая возрастает с ростом температуры, и кажущаяся энергия активации $E = 20,7 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$. Как показали экспериментальные исследования, окисление при температурах 253⁰С и ниже является довольно сложным и усложняется образованием двух видов оксидов. Электронографические исследования показали, что происходит образование оксида $\alpha - Fe_2O_3$, а также Fe_3O_4 , что и приводит к существенному понижению скорости роста пленки. Выполненные экспериментальные исследования в области температур 250 – 400⁰С подтвердили логарифмический закон окисления. Нами впервые получено значение константы окисления в логарифмическом законе и

показано, что с изменением температуры постоянная меняет свое значение.

Начиная с температурой 375⁰С кажущаяся энергия активации начинает возрастать и окисление переходит в область, когда рост пленки начинает переходить от логарифмического закона к параболическому, кажущаяся энергия активации с ростом температуры более 400⁰С становится равной энергии активации диффузии и приближается к $E = 27,21052 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

Проведены исследования в области температура 400 – 550⁰С. В этой области температур на поверхности железа появляется устойчивый оксид Fe_3O_4 – магнетит, то есть определяющей стадией окисления железа является диффузия кислорода через пленку магнетита. Сравнение экспериментальных и теоретических данных позволили определить коэффициент диффузии кислорода с использованием привеса и толщины оксидной пленки железа. При этом, коэффициент диффузии оказался равен $D = 1,73 \cdot 10^{-13} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$, также определены основные термические константы диффузии кислорода через свой оксидной пленки.

Следующим этапом исследования было изучение кинетики и термодинамики окисления железа при температурах 550 – 625⁰С. При этом подтверждено что до точки Шадрона 575⁰С окисление железа происходит за счёт диффузии, в точке Шадрона происходит чисто химический (кинетический) процесс окисления, а при температурах больше 575⁰С - диффузионно-кинетический. При этом при росте плёнки в диффузионно-кинетическом режиме и при протекании процесса в изотермических условиях показатель степени в уравнении Эванса, описывающем закон окисления, превышает значение 2, которое соответствует параболическому закону окисления и повышается с ростом температуры. То есть при высоких температурах окисления железа в воздухе происходит по степенному закону, например, при температуре 625⁰С показатель степени в законе окисления будет равен 2,63 и будет повышаться с ростом температуры.