

Растворимость железа в алюминиевых сплавах

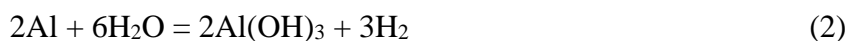
Студент Турахужаева Азизахон
 Научный руководитель - Турахужаева Ш.Н.
 Ташкентский государственный технический университет
 Республика Узбекистан, г.Ташкент

На сегодняшний день одним из самых перспективных металлов является алюминий. По массе алюминий составляет 8,6% земной коры [1]. Несмотря на широкое распространение алюминия, его использовать как шихтовые материалы при плавке довольно сложно. Это в первую очередь связано с особенностями алюминия. Так например при комнатной температуре поверхность алюминия покрывается окисной плёнкой, а при повышении температуры толщина этой плёнки возрастает в несколько десятков раз. Известно, что при нагревании галогенидов алюминия – хлорида, бромиды, фторида они могут с большей или меньшей легкостью испаряться (так, $AlCl_3$ возгоняется уже при $180\text{ }^\circ\text{C}$) [2]. При сильном повышении температуры галогениды алюминия разлагаются, переходя в состояние с низшей валентностью металла, например, $AlCl$. Когда при понижении температуры и отсутствии кислорода такое соединение конденсируется, в твердой фазе происходит реакция диспропорционирования: часть атомов алюминия окисляется и переходит в привычное трехвалентное состояние, а часть – восстанавливается [3]. Восстановиться же одновалентный алюминий может только до металла:



Как известно, в больших объёмах алюминий можно восстановить из руд не только с помощью электричества и щелочных металлов. Для того, чтобы понять сущность образования кристаллов и структуры алюминия, а также разработки технологии плавки алюминия методом электрошлакового переплава, рассмотрим физико-химические свойства этого металла. Чистый алюминий по виду схож с серебром, это очень легкий металл: его плотность всего $2,7\text{ г/см}^3$. Легче алюминия только щелочные и щелочноземельные металлы, бериллий и магний. Плавится алюминий при температуре $559\text{--}560\text{ }^\circ\text{C}$, а его кипение происходит лишь при $2452\text{ }^\circ\text{C}$ [4]. Эта разница в температурах связана с образованием его окиси. Температура плавления окиси алюминия $2450\text{ }^\circ\text{C}$. По электропроводности алюминий – на 4-м месте, уступая лишь серебру, меди и золоту, что при дешевизне алюминия имеет огромное практическое значение. В таком же порядке изменяется и теплопроводность металлов. Еще одно свойство алюминия используется в промышленности. Его ровная блестящая поверхность хорошо отражает свет: от 80 до 93% в видимой области спектра в зависимости от длины волны. В ультрафиолетовой области алюминию в отражательных способностях нет равных, и лишь в красной области он немного уступает серебру [5].

Характерная степень окисления алюминия +3, но благодаря наличию незаполненных $3p$ - и $3d$ -орбиталей атомы алюминия могут образовывать дополнительные донорно-акцепторные связи. Поэтому ион Al^{3+} с небольшим радиусом весьма склонен к комплексообразованию, образуя разнообразные катионные и анионные комплексы: $AlCl_4^-$, AlF_6^{3-} , $[Al(H_2O)_6]^{3+}$, $Al(OH)_4^-$, $Al(OH)_6^{3-}$, AlH_4^- и многие другие. Известны комплексы и с органическими соединениями. Химическая активность алюминия весьма высока, хотя в воздухе алюминий, в отличие от железа, не ржавеет. Этому причиной является то же самое окисное образование, так как на воздухе металл покрывается бесцветной тонкой, но прочной плёнкой из оксида, которая защищает металл от дальнейшего окисления. В источниках приводятся экспериментальные исследования, где говорится, что если поднести к пламени горелки алюминиевую проволоку или пластинку, то металл плавится, но алюминий не течет, так как остается в среде из его оксида. Если лишить алюминий защитной пленки, алюминий уже при комнатной температуре начнет энергично реагировать с влажной средой с выделением водорода:



На воздухе лишенный защитной пленки алюминий превращается в рыхлый порошок оксида:



Особенно активен алюминий в мелкораздробленном состоянии; алюминиевая пыль при вдвухании в пламя моментально сгорает. Если смешать на керамической пластинке алюминиевую пыль с пероксидом натрия и капнуть на смесь водой, алюминий также вспыхивает и сгорает.

Очень высокое сродство алюминия к кислороду позволяет ему «отнимать» кислород от оксидов ряда других металлов, восстанавливая их (метод алюминотермии). Самый известный пример – термитная смесь, при горении которой выделяется так много тепла, что полученное железо расплавляется:



Эта реакция была открыта в 1856 Н.Н.Бекетовым. Таким способом можно восстановить до металлов Fe_2O_3 , CoO , NiO , MoO_3 , V_2O_5 , SnO_2 , CuO , ряд других оксидов. При восстановлении же алюминием Cr_2O_3 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 , SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , V_2O_3 теплоты реакции недостаточно для нагрева продуктов реакции выше их температуры плавления. Алюминий легко растворяется в разбавленных минеральных кислотах с образованием солей. Концентрированная азотная кислота, окисляя поверхность алюминия, способствует утолщению и упрочнению оксидной пленки это называется пассивацией металла. Обработанный таким образом алюминий не реагирует даже с соляной кислотой. С помощью электрохимического анодного окисления (анодирования) на поверхности алюминия можно создать толстую пленку, которую нетрудно окрасить в разные цвета. В то же время окисная пленка быстро разрушается хлоридом меди, поэтому легко идет реакция



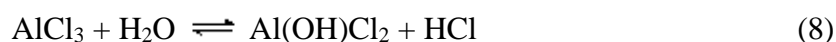
Эта реакция сопровождается сильным нагревом. В крепких растворах щелочей алюминий легко растворяется с выделением водорода:



Амфотерный характер соединений алюминия проявляется также в легком растворении в щелочах его свежесожденного оксида и гидроксида. Кристаллический оксид (корунд) весьма устойчив к действию кислот и щелочей. При сплавлении со щелочами образуются безводные алюминаты:



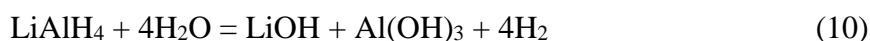
Алюминат магния $\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2$ – полудрагоценный камень шпинель, обычно окрашенный примесями в самые разнообразные цвета. Бурно протекает реакция алюминия с галогенами. Если в пробирку с 1 мл брома внести тонкую алюминиевую проволоку, то через короткое время алюминий загорается и горит ярким пламенем. Реакция смеси порошков алюминия и иода инициируется каплей воды (вода с иодом образует кислоту, которая разрушает оксидную пленку), после чего появляется яркое пламя с клубами фиолетовых паров иода. Галогениды алюминия в водных растворах имеют кислую реакцию из-за гидролиза:



Реакция алюминия с азотом идет только при температуре выше 800 °С с образованием нитрида AlN, с серой – при 200 °С (образуется сульфид Al₂S₃), с фосфором – при 500 °С (образуется фосфид AlP). При внесении в расплавленный алюминий бора образуются бориды состава AlB₂ и AlB₁₂ – тугоплавкие соединения, устойчивые к действию кислот. Гидрид (AlH)_x (x = 1,2) образуется только в вакууме при низких температурах в реакции атомарного водорода с парами алюминия. Устойчивый в отсутствие влаги при комнатной температуре гидрид AlH₃ получают в растворе безводного эфира:



При избытке LiH образуется солеобразный алюмогидрид лития LiAlH₄ – очень сильный восстановитель, применяющийся в органических синтезах. Он мгновенно разлагается с помощью воды:



Как известно, сплавы насыщенные алюминием характеризуются эвтектическим взаимодействием твердого раствора алюминия и фазы Al₃Fe:



Эвтектическая реакция происходит при 652-655 °С при концентрации железа в эвтектической точке 1,8 %. Фаза Al₃Fe (40,7 % Fe) занимает обширную гомогенную область от 37,3 до 40,7 %. Фаза Al₅Fe₂ имеет концентрацию железа 27,5-29 % Fe. В то же время, растворимость железа в алюминии весьма незначительна, однако сильно зависит от температуры металла:

При температуре алюминия 655 °С она равна 0,052 %; при температуре 625 °С равна 0,043 %; при температуре 600 °С равна 0,034 %; при 500 °С равна 0,021 %, а при 450 °С равна 0,005 %. Как видно из диаграммы, в интервале от 450 °С до 655 °С содержание железа в алюминии можно возрасти в десятки раз. Именно этот интервал температуры является критическим и при насыщении алюминия оксидными включениями.

Литература

1. Nodir D.Turakhodjaev, Shirinkhon N.Turakjodjaeva, Jamaliddin S.Kamalov. The process of melting aluminum alloys to improve the quality of castings// Processing and Fabrication of Advanced Materials XXVII International Conference, Jonkoping, Sweden 27-29/05/2019 P. 351-354.
2. Concurrently improving uniform elongation and strength of ultrafine-grained Al–2Li alloy Wang Y., Zhang S., Wu R., Turakhodjaev N., Zhang J., Liu M., Mardonakulov S. 2020 Materials Science and Engineering A 9215093.
3. Microstructure and mechanical properties of ultra-lightweight Mg-Li-Al/Al-Li composite produced by accumulative roll bonding at ambient temperature Wang Y., Liao Y., Wu R., Turakhodjaev N., Chen H., Zhang J., Zhang M., Mardonakulov S. 2020 Materials Science and Engineering A 9215093.
4. Sh.N.Turakhujaeva, N.D.Turakhodjaev, D.O.Nizamova, N.A.Kaarimova. Ekological Pure and Safe Transport//International Scientific and Practical Conference World Science. Vol.1. Oktober 2016, Dubai, UAE, 2016. P. 52-55.
5. Salokhiddin Nurmurodov, Alisher Rasulov, Nodir Turakhodjaev, Kudratkhon Bakhadirov, Lazizkhan Yakubov, Khusniddin Abdurakhmanov, Tokhir Tursunov. Development of New Structural Materials with Improved Mechanical Properties and High Quality of Structures through New Methods. Journal of Materials Science Research, Cfnfdian Center of Science and Education. Vol.5, 2016. № 3. – P. 52-58.