

АЛУМИНИЯТ – ЧУДНИЯТ МЕТАЛ, ОФОРМИЛ СЪВРЕМЕННАТА ЦИВИЛИЗАЦИЯ

Категория „Презентация“, възрастова група 11. – 12. клас

Живко Зидаров, 11. клас¹
Ръководител: Деян Димчев

Частно средно училище „Леонардо да Винчи“ – Добрич

Резюме. Основната цел на разработката е да се демонстрира защо алуминият е толкова важен и специален както днес, така и за нашето бъдеще. Описани са както историята на алуминия, от откриването му до наши дни, така и неговите основни свойства и приложения. Разглеждат се екологичните ефекти от производството на алуминия, като се посочват двата основни проблема и техните решения. Проведени са серия експерименти, с които се разглежда реакцията на алуминия със солна киселина. Освен интересните резултати, които постигнахме (например горене на чист водород), демонстрирахме защо трябва препаратите за почистване да се използват с голямо внимание и винаги да се спазват предупрежденията на етикетите.

Ключови думи: алуминий; екология; експеримент; солна киселина

История на алуминия

Алуминият – металът, който се е смятал за по-ценен дори и от златото, е открит преди 200 години. Намирането на алуминий като метал на повърхността на Земята днес не е трудно, но не винаги е било така. Поради афинитета си към други елементи алуминият винаги се намира в съединения, в които образува глини, минерали или дори скъпоценни камъни, но не и като метал (Aluminium Federation, 2020a). Откриването на начин да се извлече алуминий, променя това (Altenpohl & Kaufman, 1998).

Въпреки че най-голямото му приложение се наблюдава през последните 200 години, алуминият се използва от древни времена. Първобитният човек е правил на ръка керамика от глини, които са съдържали хидратиран алуминиев силикат. Египтяните и вавилонците са използвали алуминиеви соли за получаване на багрила и лекарства. Гърците и римляните са използвали стипца (сол на базата на алуминий) за щавене на кожи, превързване на рани и огнеупорни дървени укрепления. Анализът на любопитно метално украшение,

открито в гробницата на Чоу-Чу, военачалник от 3. век в Китай, показва, че то е съставено от 85% алуминий. Остава загадка как е произведен.

През 1807 г. сър Хъмфри Дейви неуспешно се опитва да извлече метала от стипца чрез пропускане на електрически ток през него (Ashby, 1999). Като редуцира безводния алуминиев хлорид с калиева амалгама, Ханс Кристиан Оерстед получава първия нечист вид на алуминия през 1825 г. Той нарича получения метал „Алуминий“ в чест на Хъмфри Дейви, тъй като в превод от латински Alum се превежда като „стипца“.

На немския химик Фридрих Вьолер се пада да усъвършенства метода през 1827 г. и да получи чист алуминий за първи път, като използва натрий вместо калий. През 1845 г., работейки в Университета в Гьотинген, Германия, Вьолер успява да произведе метален алуминий в по-големи количества, което му позволява да определи свойствата на метала.

През 1854 г. французинът Анри Етиен Сент-Клер Девил разработва свой собствен процес, който довежда до получаването на по-чист алуминий, който най-накрая може да се използва за създаване на физически обекти. Така учените са били в състояние да произвеждат килограми, а не просто грамове, което направи алуминия много по-достъпен.

Следващият скок в получаването на алуминий всъщност е разработен от двама души, в две отделни държави, по едно и също време и нито един от тях не знае за другия. Чарлз Хол (американец) и Пол Еру (французин) откриват нов начин за производство на големи количества алуминий. Дватамата разтварят алуминиев оксид в разтопен криолит и след това извличат алуминия чрез електролиза. Близостта на техните открития довежда до съдебна битка между двамата, но в крайна сметка процесът става известен като Hall-Héroult в научния свят. Така през 1886 г. е открит съвременният промишлен метод за получаване на алуминий, който е електролиза на разтвор от Al_2O_3 (алуминиев оксид) в стопен криолит (Na_3AlF_6). Това откритие за един ден намалява цената на алуминия със 75%, от 630\$/кг на 157\$/кг.

Успехът на процеса Hall/Héroult е напреднал, когато Карл Байер, австриец, изобретява подобрен процес за производство на алуминиев оксид от боксит.

Така полученият алуминий е бил добър в много отношения с изключение на неговата здравина. Но този проблем е решен през 1903 г. от немския учен Алфред Уилям. По време на своите експерименти той установил, че ако 4% мед се добавят към алуминиева сплав и рязко се охлади до 500 градуса по Целзий, а след това се държи при стайна температура в продължение на 5 дни, тогава металът става много по-твърд и здрав, като запазва първоначалната гъвкавост. В индустриални обеми този подобрен алуминий започва да се получава през 1911 г. в град Дурен. В чест на това сплавта получава името си „дуралуминий“.

Свойства и приложения на алуминия

Алуминият и много от неговите сплави са високо устойчиви на повечето форми на корозия. Физико-химичната стабилност на оксидния филм определя корозионната устойчивост на алуминия. Тази стабилност зависи от стойността на рН на околната среда, тъй като оксидният филм е стабилен в диапазона на рН от около 4 до 8. Естественото покритие на метала от алуминиев оксид (Al_2O_3) осигурява високоефективна бариера срещу опустошенията на въздух, температура, влага и химикали, което прави алуминия много полезен за строителството материал (Kvande & Drablos, 2014).

Този метал е много специален, даже и Наполеон III го е знаел – той използвал алуминиеви чинии и прибори за официалните си гости (по това време алуминият се е смятал за много рядък). Алуминият придобива титлата си „магичният метал“ поради неговия разнообразен набор от физични, химични и механични свойства и тези на неговите сплави. Без този метал нямаше да е толкова достъпно за хората да видят земята отвисоко (Aluminium Federation, 2020b). Заради лекотата си той е най-използваният метал в частите на самолетите и космическите кораби. Алуминият се използва в много различни сфери, но в глобалното проучване от 2007 г. на GLOBAL 2000 се отбелязва, че най-голямо количество се употребява в транспорта.

Той е и превъзходен проводник на електричество, 21% от готовия алуминий се използва в инженерството и кабелите. Това свойство, съчетано с другите присъщи на алуминия качества, е осигурило подмяната на мед с алуминий в много електрически приложения. Също така е немагнитен и незапалим – свойства, безценни в напреднали индустрии като електрониката. Без това свойство мобилните устройства, по-скоро екраните, като цяло, нямаше да ги има / да са безопасни.

Едно от най-добрите качества на алуминия е, че е нетоксичен, което води до използването му в хранително-вкусовата и опаковъчната промишленост, като най-големия пример за това е алуминиевото фолио. Първия път, когато се използва алуминиево фолио, е било за опаковките на дъвките Life Savers през 1913 г.

Екологични ефекти от производството на алуминий

Проблемът: целият процес по производство на алуминий се нуждае от много топлина и енергия, като за получаването на 1 тон алуминий се изразходва повече от 16 000 kWh електроенергия. Производството на алуминий има значително въздействие върху околната среда. Процесът на Hall-Héroult изисква голямо количество електроенергия, която обикновено се произвежда с помощта на изкопаеми горива. Това води до емисии на парникови газове и допринася за изменението на климата. Процесът на Байер също използва значителни количества енергия и произвежда голямо количество отпадъци.

Отпадъците от процеса, известни като червена кал, са токсични и могат да замърсят близките водоизточници (Hanners, 2017).

Решението: полагат се усилия за намаляване на въздействието върху околната среда от производството на алуминий. Някои компании използват възобновяеми енергийни източници, като вятърна и слънчева енергия, за да произвеждат електричество. Разработват се и нови технологии за намаляване на количеството отпадъци, произведени от процеса. Всичко е заради това, че в чистата си форма металът просто липсва в природата, въпреки че под формата на химически съединения формира най-малко 8% от земната кора.

Проблемът: много модерни сгради имат алуминиеви прозорци, врати и покриви². Търговските и военните самолети са направени предимно от алуминий. Хиляди мили алуминиева жица са опънати между кулите за пренос на електричество. Алуминиеви кутии за напитки и парчета алуминиево опаковъчно фолио могат да се видят да лежат на земята по целия свят, а парчета ламинирани панели от алуминиева пяна могат да бъдат намерени изхвърлени на отдалечени плажове. Точно както учените откриха слой на повърхността на Земята, съдържащ излишък от иридий – елемент, който обикновено се среща в метеоритите, маркирайки времето преди около 65 милиона години, което разделя мезозойската ера от кайнозойската ера, така и учените в далечното бъдеще ще открият слой, маркиращ период, доминиран от човешки въздействия, включително изменение на климата, нови екосистеми, модификации на ландшафта и наличието на алуминиев метал на повърхността на Земята. Тази епоха вече има име – антропоцен.

Решението: алуминият е не само уникален със своите свойства си, той е и безкрайно рециклируем без загуба в качеството. Нужни са само 5% от енергията, която се изразходва за суров алуминий, за да се направи нов чрез стопяването на скрапове от лекия метал. 75% от всички алуминий, някога ползван, се рециклира³, което е много добре, тъй като производството му вреди много на околната среда. Но въпреки това можем още, защото от събраните данни на проучването на GLOBAL 2000 от 2010 г. се вижда, че България рециклира само 50% от него (Zacune, 2000). Този метал е единственият, който може почти до 100% да се рециклира, затова трябва да се възползваме от това свойство.

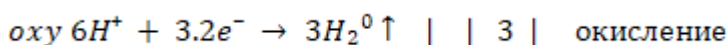
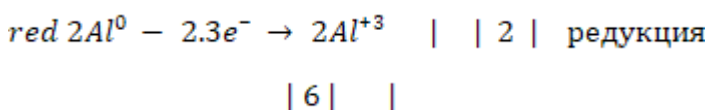
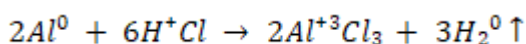
Експерименти

1) Кенче за напитки и солна киселина

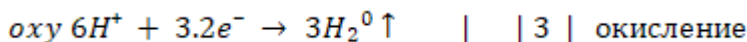
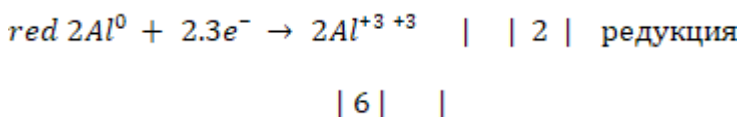
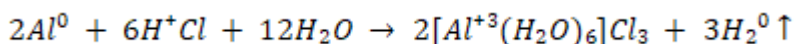
Докато събирах информация за настоящата разработка, попаднах на експеримент за реакцията на алуминиево кенче с препарат за отпушване на канали. Алуминият е здрав, но лек метал, което е една от причините той да се използва при изработката на кенчета за напитки. За да се предпази напитката от реакция с алуминия, вътрешността на кенчето е покрита с пластмасов слой.

Направихме няколко експеримента, с които да разгледаме реакцията на алуминия със солна киселина. Първо, наляхме кислота, който съдържа до 10% солна киселина, в малък пластмасов контейнер. След това добавихме кенче за напитки, което беше предварително обработено с шкурка, за да се отстрани покритието и да се открие алуминиевата повърхност. Целта ни беше да наблюдаваме как алуминият от кенчето реагира със солната киселина, при което да получим водород газ и алуминиев трихлорид.

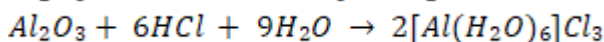
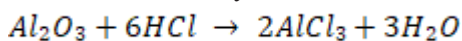
$(2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow)$ е ОРП:



$(2Al + 6HCl + 12H_2O \rightarrow 2[Al(H_2O)_6]Cl_3 + 3H_2 \uparrow)$ е също ОРП:



Така може да се види пластмасовият слой, който предпазва напитката от реакция с алуминия. Отворихме кенчето, за да можем да прекараме гумена (каучукова) тръбичка през дупката, за да вдигнем накрая кенчето, без да се изгорим, тъй като това е екзотермичен процес и се отделя голямо количество топлина. Видяхме, че първоначално нямаше признаци за реакция заради оксидния слой на алуминия, с който първоначално се реагира.



Поради тази причина добавихме концентрирана солна киселина, докато не започнаха да се наблюдават признаци за реакция (фиг. 1).



Фигура 1. Експеримент с кенче и солна киселина

Резултати

По време на реакцията могат да се видят мехурчетата газ в резултат на отделянето на водород от дъното на кенчето, който се опитваше да излезе, и промяната в цвета на разтвора. Тя се дължи на частиците алуминий, които се отделят от кенчето. Опитвахме се да вдигнем цялото кенче, за да разберем защо се образуват такива големи мехури по време на реакцията, и пластмасовата торбичка се скъса. Причината се оказа, че от топлината се беше стопила част от пластмасата. Накрая видяхме, че дъното не беше реагирало докрай с киселината.

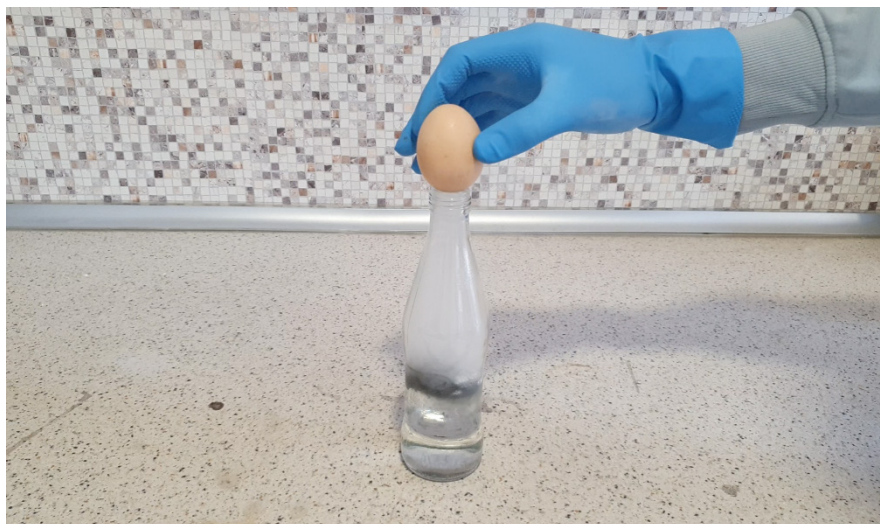
2) Алуминиеви топчета и солна киселина

След като видях колко е бурна реакцията на алуминия със солната киселина, се замислих, че киселотът (разтвор на солна киселина) се използва често за почистване в домакинствата. На етикета на всяка бутилка киселот има предупреждение да не се използва върху метални повърхности. Следващият експеримент демонстрира сериозността на това предупреждение.

В стъклено шише поставихме отново концентрирана солна киселина и няколко топчета алуминиево фолио. Принципът на реакцията е същият като предишния ($2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$), но този път идеята беше отделеният водород да се събере в черупка от яйце и да го запалим, за да експлодира (фиг. 2, 3).



Фигура 2. Експеримент с топчета от алуминиево фолио и солна киселина



Фигура 3. Събиране на отделения водород в черупка от яйце

Когато започна реакцията, тя се оказва много бурна поради ползването на силната киселина и голямото количество топчета алуминиево фолио. Също така започна да се отделя много голямо количество хлороводород, който има много силна дразнеща миризма, и трябваше да направим пауза в работата. Не-

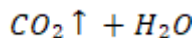
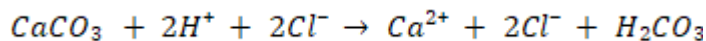
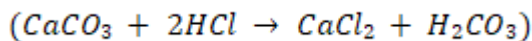
утрализирахме дразнещото действие на хлороводорода с вдишване на амоняк (фиг. 4).

$(\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl})$ е ДАВ, хлороводородът (донорът) дава положителния си H^+ катион на (акцептора) амоняк.



Фигура 4. Протичане на химична реакция

След това опитахме само с едно топче, както преди това сложихме отново яйце, което да се напълни с водород, но като го запалихме, не стана нищо – водородът беше вече отлетял. При втория опит с друга черупка на яйце опитахме да го запалим отдолу, където е отворът, но пак неуспешно. Едната причина за неуспеха беше, че имаше белтък по стените на черупката, който запушваше отвора и не можеше да се напълни яйцето. Другата възможна причина е, че солната киселина разяжда черупката, което дава възможност на водорода да излита по-бързо.



Въпреки че не постигнахме първоначалната цел, все пак успяхме да видим нещо, по наше мнение по-ефектно.

3) Чист водород

Не успяхме да експлодираме черупките на яйцата, но видяхме нещо много по-рядко и трудно за постигане – горене на чист водород. Запалването на водород е опасно, защото трябва задължително да бъде проверена неговата чистота преди това (гърмящ газ). Ние го запалихме, когато беше изместен въздухът и гореше чист водород с бледожълт пламък. Пуснахме 2 топчета от алуминиево фолио в колбата със солна киселина, без яйцето отгоре този път, и продължавахме да слагаме топчета, за да поддържаме горенето. Доказахме продукта на горене също така, като приближихме Петриево блюдо, и H_2O кондензира на студената повърхност и образува малки капчици.

С горните експерименти освен интересните резултати, които постигнахме, демонстрирахме защо трябва препаратите за почистване да се използват с голямо внимание и винаги да се спазват предупрежденията на етикетите.

Заклучение

Алуминият има и романтична страна – в много филми халката от алуминиево кенче се използва от главния герой като заместител на годежен пръстен при изненадващо предложение за брак.

Магичният метал се намира навсякъде в ежедневието ни – превозните средства, хранително-вкусовата промишленост, мобилните устройства, сградите, градинските столове, кенчетата на напитките. Без него човечеството щеше да е много назад в развитието си във всяка сфера. Пример за това е синият светодиод на Шуджи Накамура, за изобретяването на който главна роля има лекият метал в алуминиевия галиев нитрид. Без това изобретение днес нещата, които смятаме за нормално да присъстват в нашето ежедневие, нямаше да съществуват. От домашното до уличното осветление, докато гледаме видео на телефон, компютър или телевизор, докато сме навън и следваме светофарните светлини или дисплеи – това е благодарение на сините светодиоди.

Алуминият е много важен и специален както днес, така и за нашето бъдеще. Проф. д-р инж. Юрген Райнер Хирш – доцент в Института по физическа металургия и металофизика към RWTH Aachen University, предвижда, че алуминият ще продължава да се използва за бъдещи иновации заради характеристиките си – най-изобилният метал на планетата, евтин, лек, но здрав, и много други⁴.

От десетилетия се чудим, дали някой ден ще имаме летящи коли? Това все още не е ясно, но ако се осъществи, съм убеден, че знам кой метал ще има главната роля.

Благодарности

Благодаря на преподавателя ми по химия г-н Деян Димчев, който ме вдъхнови и ми помогна с експериментите. На ръководството на ЧСУ „Леонардо

да Винчи“, и по-специално на неговия директор г-жа Нели Николаева за подкрепата при осъществяването на този проект. На семейството ми, особено на майка ми, които винаги са до мен и ме насърчават през цялото време.

БЕЛЕЖКИ

1. Втора награда в категория презентация, възрастова група 11. – 12. клас и специална награда „Млад експериментатор“.
2. https://european-aluminium.eu/focus_on/aluminium-fire-safety/
3. <https://metalrecyclingmachines.com/>
4. <https://www.cemecon.com/de/en/facts-stories/the-future-is-aluminum>

REFERENCES

- Altenpohl, D. G. & Kaufman, J. G. (1998). *Aluminum: Technology, Applications, and Environment*. (6th Ed). Tms.
- Aluminium Federation. (2020a). *UK Aluminium Industry Fact Sheet 2: Aluminium and Corrosion*. <https://www.alfed.org.uk/files/Fact%20sheets/2-aluminium-and-corrosion.pdf>.
- Aluminium Federation. (2020b). *UK Aluminium Industry Fact Sheet 6: Aluminium – The Metal*. <https://www.alfed.org.uk/files/Fact%20sheets/6-aluminium-the-metal.pdf>.
- Ashby, J. (1999). The Aluminium Legacy: the History of the Metal and its Role in Architecture. *Construction History*, 15, 79 – 90.
- Hanners, R. (2017). *A New Metal Age*. Columbia Falls Aluminum Company.
- Kvande, H. & Drablos, P. A. (2014). The Aluminium Smelting Process and Innovative Alternative Technologies. *Journal of occupational and environmental medicine*, 56(5 Suppl), S23 – S32.
- Zacune, J. (2000). *Aluminium*. Global 2000.

ALUMINUM – THE WONDERFUL METAL THAT SHAPED MODERN CIVILIZATION

Abstract. The main goal of the project is to demonstrate why aluminum is a material of great importance, both today and in the future. It outlines the history of aluminum – from its discovery to the present—as well as its key properties and applications. The environmental effects of aluminum production are examined, with a focus on two major challenges and possible solutions. A series of experiments were conducted to examine the aluminum’s reaction with hydrochloric acid. In addition to the interesting results we achieved (for example, burning pure hydrogen), we demonstrated the importance of using cleaning agents with caution and strictly following label warnings.

Keywords: aluminum; ecology; experiment; hydrochloric acid

✉ **Zhivko Viktorov Zidarov, 11th grade**

Private Secondary School “Leonardo da Vinci”

Dobrich, Bulgaria

E-mail: zidarov11@gmail.com

✉ **Supervisor: Deyan Dimchev**

Teacher

Private Secondary School “Leonardo da Vinci”

Dobrich, Bulgaria

E-mail: deyan.dimchev@leonardo-dobrich.com