

КОРОЗИЯ НА АЛУМИНИЙ И АЛУМИНИЕВИ СПЛАВИ

Анна Бузекова-Пенкова

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: a_bouzekova@space.bas.bg*

Ключови думи: корозия, алуминий, алуминиеви сплави

Резюме: В така представения доклад са разгледани видовете корозия, които се срещат при алуминия и алуминиевите сплави. Описани са причините за появата на вида корозия водещи до разрушаване на материала.

CORROSION OF ALUMINUM AND ALUMINUM ALLOYS

Anna Bouzekova-Penkova

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: a_bouzekova@space.bas.bg*

Keywords: Corrosion, Aluminum, Aluminum alloys

Abstract: The presented article discusses the types of corrosion occurring in aluminum and aluminum alloys. The reasons for the occurrence of this or that type of corrosion leading to the destruction of the material are described.

Въведение

Алуминиевата корозия е процес на разрушаване на метала под въздействието на различни външни фактори на околната среда и от реакциите, причинени от тази среда в алуминия. Въпреки предимствата на алуминия, леко тегло, здравина и пластичност, в алуминия може да настъпи постепенно корозия в продължение на седмици, месеци или дори години. Разрушаващото действие на корозията винаги започва от повърхността на метала. След това корозията се разпространява в дълбочина със скорост, зависеща от метала или вида на алуминиевата сплав, химическия състав, структурата, характеристиките на сплавта (вътрешни фактори), температурата и други характеристики на околната среда (външни фактори). Влиянието на тези фактори обяснява различната скорост на корозионния процес и съпътстващите изменения на външния вид на повърхността: тя става матова, променя цвета, появяват се точки, петна, издутини и други. С течение на времето в алуминиевите продукти могат да се образуват и големи дупки поради корозия.

Устойчивостта на алуминия и алуминиевите сплави към обикновена външна корозия е различна. Естествената устойчивост на корозия е една от причините за широкото приложение на алуминия и алуминиевите сплави от производството на кутии, гайки, болтове, трансформатори, проводници, кухненски уреди до използването му в архитектурата, автомобилно, самолетостроенето, ракетостроенето и други. Основният източник на защита срещу корозия е самовъзстановяващ се оксиден филм върху алуминия и алуминиевите сплави, който постоянно съществува във външната атмосфера. Когато чистият метал влезе в контакт с въздуха (кислорода), върху алуминиевата повърхност моментално се появява тънък защитен филм от алуминиев оксид (Al_2O_3 или $Al_2O_3 \cdot nH_2O$). Образованият върху повърхността му оксиден филм е инертен и предпазва повърхността от по-нататъшно окисление. Вътрешният слой е здрав, а структурата и дебелината му зависят от температурата на окисляване. Дебелината на оксидния филм върху прясно валцуван алуминиев лист е 2,5 nm и след няколко години дебелината му може да достигне 10–20 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Дебелината на слоя зависи от времето на корозия и концентрацията на агресивни вещества в околната среда. Увеличаването

на дебелината на външния слой се дължи на окисляването на метала. Външният слой е порест и пропуска въздух и влага.

Корозията в различните ѝ проявления възниква само в случай на разрушаване на естествения оксиден филм [1–5].

Видове корозия на алуминий и алуминиевите сплави

Алуминиевата корозия възниква в резултат на химично, електрохимично или физикохимично взаимодействие с работната среда и се различава по външни прояви. Според вида на корозионното поражение бива [2–4]:

Точкова корозия (обща)

Точковата корозия е най-често срещаният тип корозия, която външно се проявява като образуване на малки язви (ямки) с неправилна форма върху повърхността на метала (Фиг. 1).



Фиг. 1. Точкова корозия [6]

Корозионните ями, са покрити с бели, обемни и желеобразни „пъпки“ от алуминиев трихидроксид $Al(OH)_3$. Техният диаметър и дълбочина зависят от няколко параметъра, които са свързани с химическия състав и чистотата на алуминиевият продукт, корозивната среда и условията на работа. Причината за такова разрушаване е взаимодействието на алуминий със соли, разтворени в електролит. Точковата корозия възниква, когато метала е поставен в постоянен или периодичен контакт с влажна или водна среда. Всяка влага и вода, действат като проводящо вещество и при взаимодействие със сплавта разрушават оксидния защитен филм в неговите слаби места (драскотини, счупвания или ако сплавта е нехомогенна).

Галванична (контактна) корозия

Галваничната или електрохимичната корозия възниква, когато алуминият влезе в контакт с други метали, образуват електрическа верига, която е завършена от течен или филмов електролит или корозивна среда. В този процес алуминият най-често действа като анод, а друг метал като катод. Електроните се прехвърлят от анода към катода, което води до разрушаване на алуминиевия продукт (Фиг. 2).



Фиг. 2. Галванична корозия [7]

Корозионното въздействие върху алуминия има равномерен характер, развива се в дълбочина под формата на кратери, които имат повече или по-малко заоблена форма [3, 8].

При определени условия този процес може да бъде предотвратен, ако металът се държи на сух въздух. В селските райони галваничната корозия е по-рядко срещана. Градовете разположени в близост до море или океан, където във въздуха може да се наблюдава високо съдържание на хлориди, алуминият и алуминиевите продукти се нуждаят от допълнително защитно покритие.

Пукнатинна корозия

Този тип разрушаване възниква в тесни пукнатини между продукта и друга метална конструкция или изолационен материал: уплътнение или гумено уплътнение, пукнатини по повърхността на алуминиеви части и др., които са запълнени с течна среда.



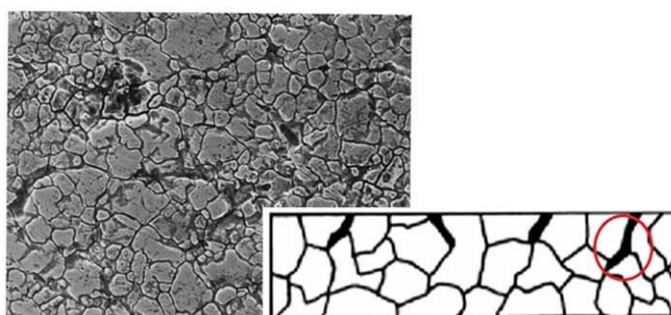
Фиг. 3. Пукнатинна корозия [9–10]

Най-често пукнатинната корозия се появява на повърхности в контакт с морска [8] или речна вода, както и на елементи от външната обшивка на моторни превозни средства. Друга причина за появата може да бъде неправилното съхранение и транспортиране на алуминиеви изделия. Недостатъчната защита на фугите води до натрупване на влага от атмосферата в тях. Освен това може да се натрупа конденз в пукнатините, ако алуминият се премести от студена в топла стая.

Корозията на пукнатините обикновено се нарича засилено корозионно разрушаване на метал в пукнатини и пролуки между фланците, между листови нитови и болтови съединения, в зоната на контакт на метал с неметали. Процепна корозия се наблюдава както при потапяне на конструкцията в електролита, така и при атмосферни условия [11–12].

Междукристална корозия

Алуминия и алуминиевите сплави имат зърнеста структура. Междукристалната корозия възниква в границите на зърната на метала, а не на самите зърна. Най-често се проявява, когато съдържанието на мед или силиций в сплавта е твърде високо. Образоването на рекристализирана структура с голям размер на зърната води до корозия от този тип. Манганът и хромът се добавят към алуминиевите сплави, за да се предотврати или минимизира рекристализацията. Сплавите от серия 6000, 6060 и 6063 обикновено са устойчиви на междукристална корозия, но при сплави от серия 7000 тя е често срещана [2, 3, 13].



Фиг. 4. Междукристална корозия [15]

Подповърхностна корозия

Подповърхностната корозия е процес на локализирана корозия, която започва от повърхността, когато на определени места са разрушени защитните филми, лакове и др., но основно се простира под повърхността на метала (Фиг. 5), където продуктите от разрушаване и корозия се концентрират в определени зони (по една или повече равнини) в метала.



Фиг. 5. Подповърхностна корозия

Алуминиевите сплави са податливи на този вид корозионно увреждане. Най-податливи на този вид корозия са високоякостните сплави от сериите 2000, 5000 и 7000 (сплави от системата Al-Zn-Mg). В този случай малка корозионна лезия, образувана на повърхността на метала, се задълбочава по време на процеса на корозия, приемайки формата на тесен канал, през който електролитът прониква под повърхността на метала. Подповърхностната корозия често причинява подуване (набъбване) и разслояване на метала [2, 3, 13].

Нишковидна корозия на алуминий

Нишковидна корозия е вид корозионно разрушаване, което възниква върху метала под покритието под формата на произволно разпределени нишки. Доста често алуминиевите продукти са боядисани, за да се предпазят от корозивни процеси и да ограничат контакта с техните катализатори. Не е добре покритието (нанасяне на боята) да бъде нанесено върху не добре почистена металната повърхност. Непочистената повърхност може да доведе до дефекти причиняващи нишковидна корозия в бъдеще. Корозията уврежда покритието и първоначално създава подобна на червей точкова следа (Фиг. 6). След това покритието напълно се отлепва в зоната на корозия. Това от своя страна позволява на корозивната среда да реагира с долния алуминиев субстрат.



Фиг. 6. Нишковидна корозия [15–16]

Стрес корозия

Стрес корозията, е специфичен вид корозия, която възниква под въздействието на комбинация от механично напрежение и агресивна среда и води до напукване. Нарича се още корозия под напрежение и е широко разпространена в различни индустрии от авиацията и корабоплаването до енергетиката и нефтохимията и е много опасна. Среща се главно при алуминиеви сплави с висока якост, като сплави AlZnMg. Причината за разрушаването е дългосрочната експлоатация на алуминиевите продукти при голямо натоварване (опън-натиск), особено ако често надвишава допустимите стойности в присъствието на корозивна среда. Това води до образуване на пукнатини по сплавта, сплавта постепенно губи своята здравина и става неизползваема. Този тип корозия обикновено не се среща в сплави от серия бxxx, т.е. AlMgSi сплави [17–18].



Фиг. 7. Стрес корозия [19–20]

Заклучение

Един от ключовите фактори за предотвратяване на корозия при алуминиевите сплави е правилният избор на вида сплав, който да има добра устойчивост на корозия в определена среда. Този въпрос е особено актуален при аерокосмическото използване на алуминиевите сплави [21, 22, 23]. Предварителното определяне на климатичния дизайн на продуктите позволява не само да се осигури безопасна експлоатация, но и значително да се намалят разходите за ремонт и възстановяване след повреда и разрушаване на продукти и сложни технически системи под въздействието на климатични фактори. Също така, изделията изработени от алуминий и алуминиеви сплави трябва добре да са защитени спрямо средата в която ще бъдат използвани. Покрития като бои, емайллакове или пластмасови обвивки могат да предотвратят контакта на сплавта с корозивните среди, като по този начин намаляват възможността от корозия. Редовната поддръжка и проверка на състоянието на изделията води до идентифициране и отстраняване на дефекти, които могат да доведат до корозия, а корозията до разрушаване на металните изделия, конструкции или оборудването.

Литература:

- Ostermann Friedrich. "Anwendungstechnologie Aluminium", Springer Vieweg, 2014, Chapter 5, 220–262, DOI 10.1007/978-3-662-43807-7.
- Davis Joseph R. "Corrosion of Aluminum and Aluminum Alloys", ASM International, 1999, 1–10, 25–54, 135–154, DOI: <https://doi.org/10.31399/asm.tb.caaa.9781627082990>.
- Vargel Christian. "Corrosion of Aluminium", Elsevier Science, 2004, Chapter B.2, 113–143, eBook ISBN: 9780080472362, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044495-6.X5000-9>.
- Розенфельд, И. Л. "Коррозия и защита металлов", "Металлургия", 1969, 13.
- Jacobs, M. H., "Corrosion and corrosion protection", European Aluminium Association, Talat Lecture 1999, 1252, 2–16.
- <https://www.rusbolt.ru/articles/12655/>
- <https://dpcourse.ru/lessons/>
- Шумахер, М., "Морская коррозия", Metallurgia, 1983, 141.
- <https://t-zinc.ru/o-kompanii/stati/typy-korrozii-metalla.html>
- <https://tdzink.ru/company/information/vidy-korrozii-metalla-foto/>
- Белоус, В. Я., Гурвич Л. Я., Ерофеева В. Л. и др. "Целевая коррозия нержавеющей сталей в атмосфере. Защита металлов", 1995, 31(2), 184–190.
- Варченко, Е. А., Курс М. Г. "Щелевая коррозия алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей в морской воде", Scientific and Technical Journal "Proceedings of VIAM", 2018, dx.doi.org/ 10.18577/2307-6046-2018-0-7-96-105.
- Томашов, Н. Д., Чернова Г.П., "Теория коррозии и коррозионно-стойкие конструкционные сплавы", Машиностроение, 1986, 87.
- <http://промтехгаз.pdf/slovar/mezhkristallitnaya-korroziya/>
- https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Filiform_corrosion_on_painted_aluminum.jpg
- <https://texon.ru/info/articles/gk-promtekh-lineyka-antikorrozionnykh-materialov-i-differentsirovannyi-podkhod-k-ikh-primeneniyu/>
- Энциклопедия по машиностроению XXL. Стрес корозия, <https://mash-xxl.info/info/569213/>.
- Розенфельд, И. Л., "Коррозия и защита металлов", Metallurgia, 1969, 448.
- [mavink.com; stress corrosion cracking](http://mavink.com/stress-corrosion-cracking).
- https://www.researchgate.net/figure/3-Example-of-stress-corrosion-cracking-of-a-Type-316-stainless-steel-under-thermal_fig9_294693732
- Bouzekova-Penkova, A., Miteva, A. "Some aerospace applications of 7075 (B95) aluminium alloy", Aerospace Research in Bulgaria, 2022, 34, 165-179, ISSN 1313-0927; DOI: <https://doi.org/10.3897/arb.v34.e145>.
- Miteva, A. "Safety in aerospace engineering, Proceedings SES 2021, 2021, 345–349.
- Васильев, В. Ю., Пустов Ю. А., Коррозионная стойкость и защита от коррозии металлических, порошковых и композиционных материалов, "Учебка", 2005, 130.