

ПРИЛОЖЕНИЕ НА АЛУМИНИЯ В ЖЕЛЕЗОПЪТНАТА ИНДУСТРИЯ

Анна Бузекова-Пенкова

a_bouzekova@space.bas.bg

*Институт за космически изследвания и технологии,
Българска Академия на Науките
София 1113, ул. “Акад. Георги Бончев”, блок 1,
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *алуминий, алуминиеви сплави, железопътен транспорт*

Резюме: *Този доклад предоставя кратък преглед на видовете алуминиеви сплави, използвани в железопътната индустрия. Алуминият и алуминиевите сплави са материалите, които допринасят за бързото развитие и модернизирание на отрасла поради олекотяване на железопътните превозни средства. Олекотената конструкция позволява на влака да ускорява и забавя по-ефективно. Транспортира повече полезни товари при по-ниски разходи, намалява натоварването на железопътните релси и намалява тяхното износване. Освен че е лек, здрав и издръжлив, алуминият е много ценен в изграждането на товарни вагони. Той е биологично неутрален, лесен за поддръжка и не взаимодейства с товара при транспортиране. За транспортиране на зърно и други хранителни товари алуминият е важен от гледна точка на хигиенните свойства на материала. Корозионната му устойчивост позволява превозването на агресивни товари в химически резервоари и минерални бункери.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Днес алуминият и алуминиевите сплави са заели силна позиция в много области на промишлеността и по-специално в транспортната индустрия като: автомобилостроене, корабостроене, авиация, космически кораби и разбира се железопътен транспорт [1]. Транспортната индустрия представлява около 27% от световното потребление на алуминия и неговите сплави. Алуминият и алуминиевите сплави са здрави, леки и имат ниска плътност [2-4], което ги прави идеални за приложение в транспортната индустрия [5], където минимизирането на теглото може да доведе до повишена горивна ефективност и по-ниски емисии. Устойчиви са на корозия, външни и агресивни фактори (изключително високи и ниски температури). Това ги прави предпочитан материал за работа в тежки среди, където издръжливостта на материала е от съществено значение. Използват се широко в морската и авиационна индустрия, където устойчивостта на корозия е от решаващо значение за безопасността.

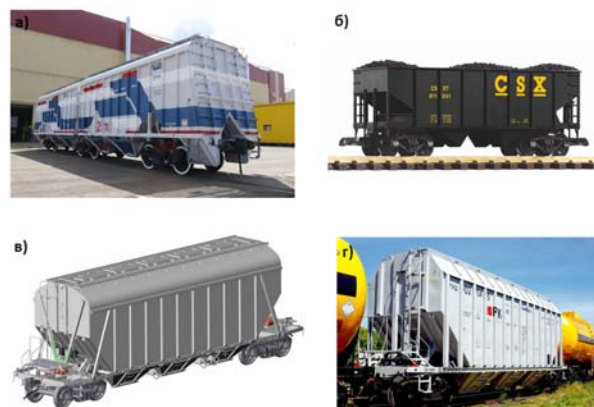
Друго съществено предимство на алуминиевите сплави при приложението им в транспортната индустрия е тяхното високо съотношение на якост към тегло. Това прави възможно проектирането на части, които могат да издържат на високи натоварвания.

Приложение на алуминиевите сплави в железопътния транспорт

Използването на алуминий в железопътния транспорт започва почти едновременно с формирането на алуминиевата индустрия. През 1894 г. железопътната компания “New Haven, and Hartford Railroad”, на банкера Джон Пиърпонт Морган, започва да произвежда специални леки пътнически вагони с алуминиеви седалки [6]. В последствие алуминият е най-използван в сектора на товарните превози, тъй като влаковете, направени от него и неговите сплави, са по-леки и в резултат на това позволяват транспортирането на повече полезен товар. Колкото по-дълъг е маршрутът, толкова по-осезаеми са ползите или повече товари при по-ниски разходи. Теглото на товара, превозван в един вагон, зависи от допустимото натоварване на една ос върху релсата, броя на осите на вагона и теглото на тарата. Алуминият е биологично неутрален и в същото време издръжлив, устойчив, а поради високата си пластичност е възможно да се произвеждат ламарини, профили и отлети части за вагоните. Корозионната устойчивост на алуминия позволява превозването на агресивни товари в химически резервоари и минерални бункери. За транспортирането на зърно и други хранителни товари, алуминият е важен от гледна точка на хигиенните свойства на материала, тъй като не взаимодейства с товара.

Първите изцяло алуминиеви товарни вагони се появяват през 1931 г. в САЩ от „Aluminium Co. of America“. Изработени са по проект на бункер - вагон за транспортиране - „хопър вагони“ (превоз на насипни товари с люкове за разтоварване в долната част). Проектирани от Флауър, те представляват революция в “дистрибуцията-транспортирането” в американските железници. В средата на 50-те години, заменят по-малките и остарели “сандвич” вагони поради преимуществото на алуминиевата конструкция, която е по-лека от тази на своите предшественици, които са направени предимно от дърво и стомана. В обширната железопътна мрежа тези вагони с цвят на кафява тухла могат да бъдат намерени от 60-те до 2000-те години на миналия век.

Железниците претърпяват постоянно развитие от създаването си повреме на Индустриалната революция от 19-ти век до днес. Днес милиони хора и тоновете стоки се транспортират с влакове годишно. Те са най-ефективното, удобно и комфортно средство за транспорт. Около 70% от товарния транспорт в Съединените щати се извършва от вагони, изработени от алуминиеви сплави. Гамата от алуминиев товарен подвижен състав е изключително богата: универсални вагони, гондоли, зърновози, бункери за въглища, различни руди и насипни минерали, автовози, вагони-цистерни за транспортиране на концентрирани киселини. Има и вагони за транспортиране на готови стоки. Лидерите в тази област са FreightCar America и китайската корпорация CRRC, най-големият производител на подвижен състав в света.



Фиг. 1. Хопър вагони: а) модел 19-6978 за зърнен товар [7], б) РІКО America, модел СА 92120 за въглища; в) модел 19-1299 за минерали [8]; г) модел 19-12440, изцяло изработени от алуминиеви сплави [9]

Алуминиевият товарен вагон „хопър“ е една трета по-лек от стоманения. Повисоката му първоначална цена се изплаща средно през първите две години от експлоатацията поради транспортирането на по-голям обем товари. След достигане на максималния си експлоатационен живот ≈ 40 години, алуминиевите товарни вагони запазват търговската си привлекателност. В Канада и САЩ не е прието да се боядисват алуминиевите товарни вагони. Този метод за спестяване на производствени разходи е напълно оправдан като в Индия не боядисването на алуминиевите вагони намалява отпадъците и замърсяването и е с екологични цели.

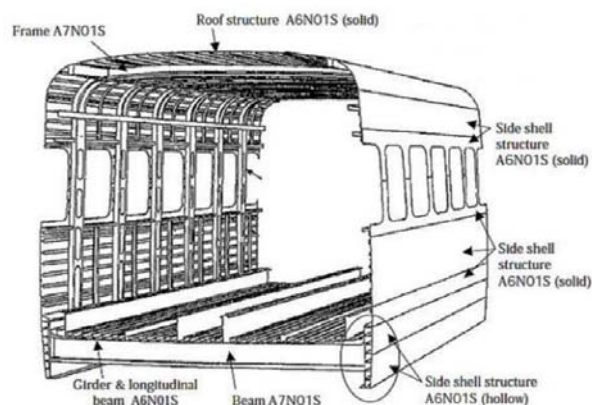
В пътническият железопътен транспорт, метро и влакове, които се характеризират с чести спирания и времето е от съществено значение за тези влакове, алуминият позволява да се произведат вагони, които са по-леки. С по-лекото тегло могат да бъдат постигнати значителни икономии на време, тъй като отнема по-малко време за забавяне и ускоряване при всяка спирка на влака. Освен това алуминиевите вагони са по-лесни и по-евтини за производство и изискват по-малко части от стоманените. Най-известни са японските влакове Shinkansen Bullet, канадските LRC и френските влакове TGV Duplex, всички направени от алуминиеви сплави.

Железопътните компании за производство на влакове използват алуминиевите сплави в различни компоненти: алуминиева конструкция на влаковите тела; носещите елементи на влака; стенната конструкция за подвижните врати и стени на товарните влакове; пневматични компоненти; радиатори; подови панели; бюфети; телени канали и др. Например алуминиева сплав 6061 се използва главно за структурни компоненти като конструкции и шаси; 5083 се използва главно за черупки, тела и подови панели, тъй като има добра устойчивост на корозия и заваряемост; 3003 се използва за компоненти, капандури, врати, прозорци и странични панели на тялото; алуминиева сплав 6063 има добро разсейване на топлината и се използва за тапицерия, електрически кабели, радиатори и други приложения.

Специфичните изисквания за производствен дизайн на видовете влакове и елементите към тях, налагат да се коригират определени свойства на алуминия, чрез легиращи елементи. За производството на товарни вагони днес се използват главно сплави от серия 5xxx (алуминий-магнезий) и серия 6xxx (алуминий-магнезий-силиций). Най-често използваните алуминиеви сплави от посочените са: 5052, 5083, 5086, 5454 и 6061. Сплавите от серия 5xxx са с умерена якост, характеризират се с повишена устойчивост на корозия и са отлични за заваряване. При заваряване 5356 или 5556 се използват като пълнител. От гледна точка на качеството на крайния продукт, способността за избор на оптимален метод на заваряване при сглобяване на тела от алуминий и неговите производни също е много важна. Освен електродъговото заваряване в защитен газ, могат да се използват съвременни технологии като лазерно заваряване и заваряване чрез триене. И в двата случая се намалява броят на подготвителните операции и се осигурява висока скорост на свързване на структурни елементи. Истински пробив в индустрията през 70-те години на миналия век бе направен чрез метода на екструдирание, който включва пресоване на детайла под високо налягане за получаване на профилен продукт. За екструдирание алуминиевите сплави 5083, 6061 и 7005 са широко използвани. Подобренятията в тази технология проправят пътя за създаването на много големи, твърди и същевременно леки структурни елементи, благодарение на които времето за сглобяване на каросерии е намалено наполовина в сравнение с подобни стоманени.

В Япония е разработена сплав 6N01 (сплав 6005) с по-добри свойства при екструдирание, заваряване и корозия, за производство на порести сложни тънкостенни кухи профили, широко заместващи профилите 7N01 и 7003 като под, странична плоча и покривна конструкция на каросерията на автомобила. В Западна Европа корпусът от

алуминиева сплав се изработва главно от екструдирани профили 6005А. Производителността на екстудиране на 6005А е по-добра, производственият процес е по-опростен и проблемът с корозията под напрежение на сплавта от серия 7000 може да бъде избегнат [5].



Фиг. 2. Приложение на типични алуминиеви сплави върху високоскоростен влак Shinkansen от серия 300 [5]

В железопътния транспорт на дълги разстояния алуминият се използва и в производството на високоскоростни влакове, чието активно използване в света започва през 80-те години на миналия век. Високоскоростният влак, подобно на самолет, трябва да има опростена форма и минимален брой изпъкнали части. Използването на алуминий в такива състави, прави възможно намаляването на потреблението на енергия за ускорение и движение, тъй като е много по-лек от много метали. Благодарение на това, високоскоростен влак, наречен AGV, изработен изцяло от алуминиеви сплави, достига скорости от 360 км/ч. В момента AGV се експлоатира само в една железопътна мрежа - италианската Nuovo Trasporto Viaggiatori. Високоскоростни влакове, изработени от алуминий, се използват и във френската TGV мрежа от високоскоростни електрически влакове. Влаковете за тази мрежа се разработват от Alstom (Франция) през 70-те години на миналия век. Първият, между Париж и Лион, е пуснат през 1981 г. Днес TGV е най-голямата мрежа за високоскоростни влакове в Европа и е основата за изграждането на мрежа за високоскоростни влакове. Първите влакове за TGV мрежата са направени от стомана, но в новите поколения влакове стоманата се заменя с алуминий. Корпусът на първия руски високоскоростен влак „Сапсан“ също е изработен от алуминиеви сплави.

Правителството на Индия одобри използването на алуминий за предстоящото поколение влакове (производство на алуминиеви каросерии чрез екстудиране), които ще бъдат интегрирани в обширни железопътни мрежи на страната. В Япония и различни европейски страни се използват алуминиеви вагони повече от 15 години.



Фиг. 3. Високоскоростни влакове [10]

ИЗВОДИ

Поради голямото разнообразие от сплави алуминият може да отговори на почти всяко от предизвикателствата, породени от железопътната индустрия. Той се използва не само в производството на влакове и вагони, но и в различни сигнални системи и гарови декори. Алуминият и алуминиевите сплави са материала, който допринася за бързото развитие и модернизирание на отрасла поради олекотяване на железопътните превозни средства, опростената конструкция и повишаването на енергийната ефективност. Неговата устойчивост на корозия значително удължава експлоатацията на железопътните вагони до над 40 години, като същевременно се нуждае от намалена поддръжка. Като се има предвид високата цена на метала, товарните вагони са проектирани по такъв начин, че в края на експлоатацията си лесно да могат да бъдат рециклирани обратно в метал. По този начин се връщат повече от половината от парите, инвестирани в производството на влакове, и се намаляват отпадъците след края на неговата експлоатационна годност.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Karaguiozova Z., A. Miteva, A. Ciski, G. Cieślak, Some aerospace applications of aluminium alloys, Proceedings SES 2017, Thirteenth International Scientific Conference "SPACE, ECOLOGY, SAFETY", Sofia, Bulgaria, 327-332, 2017, ISSN 1313 3888.
- [2] Miteva A., Classification of aluminium and aluminium alloys, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция, В. Търново, Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски”, 2551-2559, 2021; ISSN 2367-7481.
- [3] Алуминиевые сплавы: Применение алюминиевых сплавов: Справочник. М.:Металлургия, 343,1985.
- [4] Антипов В. В., Сенаторова О. Г., Ткаченко Е. А., Высокочные алюминиевые сплавы, Цвитные металлы, глава 9, 2013.
- [5] Sun Xiaoguang, Xiaohui Han, Chaofang Dong and Xiaogang Li, chapter Applications of Aluminum Alloys in Rail Transportation from book Advanced Aluminium Composites and Alloys, 2020, DOI: 10.5772/intechopen.96442.
- [6] <https://www.aluminiumleader.ru/application/transport/>
- [7] https://www.uniwagon.com/products/hopper_cars_for_transportation_of_grain/articulated_hopper_car_for_transportation_of_grain_model_19-6978
- [8] <https://sdelanounas.ru/blogs/145280/>
- [9] <https://dzen.ru/a/YfkEug7PVwza9iWE>
- [10] <https://www-alcircle-com.translate.google/news/china-s-high-speed-rail-network-set-to-broaden-new-expansion-in-the-works-97780? x tr sl=en& x tr tl=bg& x tr hl=bg& x tr pto=sc>

APPLICATION OF ALUMINUM IN THE RAILWAY INDUSTRY

Anna Bouzekova-Penkova

a_bouzekova@space.bas.bg

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
Sofia 1113, str. “Akd. Georgy Bonchev” bl.1,
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Key words: *aluminum, aluminum alloys, railway transport*

Abstract: *This paper provides a brief overview of the types of aluminum alloys used in the railway industry. Aluminum and aluminum alloys are the materials that contribute to the rapid development and modernization of the sector due to the lightweight nature of railway vehicles. The lightweight construction allows trains to accelerate and decelerate more efficiently. It enables the transportation of more useful cargo at lower costs, reduces the load on railway tracks, and decreases their wear. Besides being lightweight, strong, and durable, aluminum is highly valued in the construction of freight cars. It is biologically neutral, easy to maintain, and does not interact with the cargo. For the transport of grain and other food cargo, aluminum is important from the point of view of the hygienic properties of the material. Its corrosion resistance allows for the transport of aggressive loads in chemical tanks and mineral bunkers.*