



ПРИЛОЖЕНИЕ НА АЛУМИНИЕВИТЕ СПЛАВИ В ТРАНСПОРТА

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,
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *алуминий, алуминиеви сплави, транспорт*

Резюме: *Алуминия и алуминиевите сплави са лидери в транспортната индустрия. Намират широко приложение в автомобилостроенето и са ключов елемент в авиационното строителство, поради добрите си характеристики лекота, здравина, пластичност, устойчивост на механични натоварвания и корозия. Способността на алуминиевите сплави да постигат уникална комбинация от свойства, чрез легиране и термична обработка ги прави адаптивни към конкретни приложения. Този доклад предоставя кратък преглед на видовете алуминиеви сплави използвани в транспортната индустрия.*

ВЪВЕДЕНИЕ:

Транспортната индустрия е най-големия потребител на алуминий и алуминиеви сплави. Обхваща автомобилния, железопътния и градския електротранспорт (трамвай, тролейбус, метро), вертикалния транспорт (асансьори, ескалатори, подедни устройства) и не на последно място авиационния транспорт. Необходимостта от намаляване на теглото, увеличаване на товарносимостта, устойчивост на корозия и оперативната ефективност налага използването на алуминий и алуминиеви сплави, като основна компонента в производството. Увеличеното използване на алуминиеви сплави за единица продукт, гарантира увеличение на техническите и експлоатационни характеристики на продуктите чрез реализиране на предимствата на алуминиевите сплави пред традиционните материали – стомана и чугун.

АВТОМОБИЛЕН ТРАНСПОРТ

Автомобилната индустрия е един от основните потребители на алуминий и неговите сплави. Използването на алуминиеви сплави в автомобилите започва много преди появата на първия самолет - през 1897 г.. За първи път е използван алуминиев картер на автомобил от Кларк (САЩ), а през 1917 г. Piers Arrow (САЩ) произвежда автомобили с каросерия, изработена от лист алуминиева сплав с дебелина 1/4 инча. Тази кола се използва и до днес.

В автомобилната индустрия, много нови модели автомобили са проектирани с алуминиева рамка и каросерия. Алуминиевите конструкции (Фиг.1) са по-евтини и леки в сравнение със стоманените. Намаляването на собственото тегло на автомобила води до увеличен капацитет на полезен товар, намален разход на гориво, намалено износване

на гумите и намалени експлоатационни разходи. Поради високата устойчивост на корозия, експлоатационният живот и периодът на основен ремонт на автомобила се увеличава [1-3].



Фиг.1 Алюминиеви конструкции на коли

Новата концепция за конструкция на каросерията на автомобила включва пространствена рамка, т.е. практически имаме завръщане към рамковите конструкции на първото поколение автомобили. Основната технологична разлика между новата концепция и първите автомобили е, че съвременните рамки се сглобяват от екструдирани профили от алуминиева сплав, свързвайки ги в структурни модули, които формират носещата конструкция на автомобила при последващо сглобяване. Това дава възможност да се намали теглото на превозното средство с 30-50% в сравнение с превозните средства от същия клас стоманена конструкция. От технологична гледна точка технологията на сглобяване е опростена и се намалява броят на технологичното оборудване, а следователно и производствените разходи.

Алуминиевата кола не е просто автомобил, изработен от различен материал, а принципно нов дизайн и технология, която отчита специфичните свойства на алуминия. В автомобилната индустрия се използват голям брой различни полуфабрикати от алуминиева сплав за не натоварените части, тъй като това позволява да се намали теглото им с 3 пъти, а за носещите конструкции - с 1,5-2 пъти. Най-характерните единици от автомобила, където е препоръчително или са изработени от алуминиеви сплави са следните:

- *Висящи елементи.* Качулки, тапицерия и врати, които са изработени от лист. Изискванията за механични и технологични свойства (якост, формоване, завършеност на повърхността) са различни за външните и вътрешните части, но изискванията за нивото на устойчивост на корозия са еднакви. За тези цели е препоръчително да се използват нетермично втвърдяващи се сплави от системите Al-Mg, AlMg2, AlMg3, AlMg5, които имат добри механични и технологични характеристики, високо ниво на устойчивост на обща и точкова корозия, но по-ниска устойчивост до електрохимична корозия. Окачените панели обикновено са защитени с покрития с органична боя.

- *Външни панели.* Основните изисквания към сплавите за външни панели са добра повърхност (без повърхностни дефекти и дефекти като "портокалова кора"), добра здравина и технологичност. Американските производители на автомобили използват по-здрави сплави за външните панели (с граница на провлачване над 207 МПа), докато японските и руските производители на автомобили използват сплави с по-ниска якост (граница на провлачване 138-142 МПа) AlMg2, AlMg3, AlMg5.

Броните, техните фитинги и закрепвания изискват здравина, постигната след термична обработка на сплавта. Обикновено тези части са изработени от алуминиеви сплави от системата Al-Zn тип 1915 под формата на екструдирани профили. Използват се и сплави от системата Al-Si и Al-Mg-Si, които имат по-добри свойства и устойчивост

на корозия в сравнение със сплавта от 1915 г.. Сплавите от системата Al-Cu тип D16 не са подходящи за тези продукти поради ниската им устойчивост на корозия [1-3].

Алуминиевите сплави се използват и в производството на хладилни превозни средства поради добрата им отразяваща способност, която намалява преноса на топлина през кожата. За хладилници с дълбоко охлаждане алуминиевите сплави издържат добре на ниски температури. Алюминият е хигиеничен, лесен за почистване и не "попива" миризми. Стените на хладилниците обикновено се правят двойни за по-голяма топлоизолация. Алюминиевите профили за микробуси и автобуси обикновено се екструдират от сплав 6061.

Алуминиевите сплави се използват широко и за производството на цистерни, превозващи течни товари. Автоцистерните са заварени от листове с дебелина 3-6 мм от сплави Al-Mg₂, Al-Mg-Z, Al-Mg₅. Освен ниското тегло на алуминиевите конструкции, особено важна е тяхната способност да издържат на агресивното въздействие на транспортираните товари.

Използването на валцуван алуминий вместо стомана за производството на бордови платформи за камиони, ремаркета и полуремаркета, значително намалява собственото тегло на платформата (~ 20%) и по този начин се увеличава нейната товароносимост. Значително се спестява гориво и смазочни материали, когато превозното средство е на празен ход или не е напълно натоварено. Премахва се периодичното боядисване на стоманените или дървени страни и се осигурява относително лесна подмяна на повредените елементи на каросерията с нови при работни условия. Освен това експлоатационният живот на алуминиевата платформа е два пъти по-висок от този на стоманената, поради по-високата устойчивост на корозия на алуминия и способността му да издържа на повишени натоварвания при огъване без трайни деформации и счупвания, което е особено важно при работа върху лоши пътища [4].

ЖЕЛЕЗОПЪТЕН ТРАНСПОРТ, МЕТРО, ГРАДСКИ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТ

Железопътният и градският електрически транспорт е една от най-обещаващите области за използване на алуминиеви сплави. Използването на алуминиеви сплави осигурява намаляване на теглото на вагона (до 15 %), увеличаване на неговата товароносимост и скорост на движение, намаляване на износването на релсите ходовата част, увеличаване на устойчивостта на корозия на конструкцията и нейния експлоатационен живот, намаляване на разходите за текущи и основни ремонти на вагоните (до 18 %) и намаляване на разхода на електроенергия или гориво на влаковете (средно с 10 %).

Алуминиевите сплави се използват най-широко при конструирането на нови леки влакове в Германия, Швейцария, Япония, Англия и Франция. Фирма "Messerschmidt Boikov Blow" (Германия) проектира и произвежда 11 прототипа на нови пасажерски влака Wnrzб 731 с алуминиеви каросерии. Масата на вагоните е 29,63 тона, с олекотен корпус (неръждаема стомана). За носещи конструктивни елементи е използвана високоякостна сплав Al-Zn-Mg₃₆, сплав Al-Zn-Mg₂₆ за външна облицовка на крайни стени и покриви и клас Al-Mg-Si_{0,5} за елементи на рамката. Каросерията на вагона е сглобена от екструдирани профили и има затворена носеща заварена конструкция.

По железопътните линии на Швейцария, Франция, Англия, Япония се използват широко пътнически вагони, изработени от алуминиеви сплави на системите Al-Mg, Al-Mg-Si, Al-Zn. Като полуфабрикати се използват листове, екструдирани профили и панели.

Ефективно е използването на алуминиеви сплави в товарните вагони, където освен намаляването на теглото, важен фактор е рязкото повишаване на устойчивостта на корозия на вагоните, особено при транспортиране на корозивни товари.

В Канада се използват специализирани вагони за превоз на зърно от сплави 5083 (Al-Mg-4,5 Mn) и 7004 (Al-Zn-Mg). Дебелината на листа в зоната на буферните пръти е 12,7 мм, на други места 6,3 мм. Товароносимостта на вагона е 80 тона, собственото му тегло е 20 тона.

Алуминиевите сплави се използват и при производството на вагони за метрото. За берлинското метро се произвеждат вагони, чиито заварени тела са изработени от сплав Al-Zn5-Mg1. Обшивните листове са изработени от сплав Al-Mg-4.5Mn. За метрото в Брюксел вагоните са изработени от алуминиеви сплави, които са с около 2 тона по-леки от стоманените. Лондонската транспортна служба разполага с хиляди вагони от алуминиева сплав по своите подземни линии. Алуминиевите сплави се използват широко и във френското метро. Каросерията на такива вагони е изработена от сплав Duralinox A-Z5GT6 (7020A), страничните стени и покривите са направени от сплав Duralinox A-G3 (5754X). Теглото на каросерията е 2750 кг, което е с 42% по-малко от това на подобен стоманен корпус (4350 кг).

Оформлението на купето на вагоните (рамки на прозорци, врати и др.), както и за бусовата кутия на колесните двойки на товарните вагони са изработени от алуминиеви сплави от системата Al-Mg.

В производството на трамвайни вагони и тролейбуси също широко се използват алуминиевите сплави. В трамвайните вагони се използват за производството на обшивката на напречната и надлъжната рамка, страничните греди на рамката, подовете, както и вътрешните елементи на облицовката (прозорци, врати, декоративни детайли и др.) Покривите изработени от алуминиева сплав издържат повече от 25 години без подмяна. Трамвайните вагони, изработени от алуминиеви сплави, са по-леки от стоманените с 3-5 тона, имат повишена товароносимост и устойчивост на корозия [5,6].

Тролейбусите от алуминиеви сплави, разработени за първи път от АНТК „Антонов” и произведени в Киевския авиационен завод „Авиант”, имат рамка и корпус от алуминиеви сплави (фиг. 2).



Фиг. 2 Тролейбус K12.03 "Київський" с алуминиева рамка и корпус

АВИАЦИОНЕН ТРАНСПОРТ

Алуминиевите сплави се използват като основен конструкционен материал за пътническите и военни самолети. Всички съвременни космически кораби са изработени от 50% до 90% алуминиева сплав, а совалките са изработени почти от 90% алуминиеви сплави, поради добрите им механични характеристики. Механичните свойства на алуминия зависят от съдържанието легиращите елементи в него. Повечето елементи, които са легирани в алуминия са: мед (Cu), цинк (Zn), литий (Li), магнезий (Mg), никел (Ni), титан (Ti) и др.

За да отговори на изискването на производителите алуминия се легира с различни елементи за различните части на самолетите. Разработена е плоча 7055-T7751 и 7055-T77511 за структурата на горното крило, лист 2524-T3 и плоча 2524-T351 за обшивката на фюзелажа [7-9].



Фиг. 3. Алюминиеви сплави, използвани в различни части на конструкцията на самолет [10]

На фигура 3 са показани различни алуминиеви сплави използвани в различни части на конструкцията на самолет.

Алуминиева сплав 2219 осигурява висок модул на еластичност, максимална здравина при високи температури и висока якост на опън. Използвана е за направата на външни резервоари за гориво.

Сплав 2024 се използва на места, където се упражнява високо напрежение по време на работа като конструкциите на крилото и фюзелажа.

Сплав 7075 има здравина, подобна на тази на стоманата, има добри свойства на обработваемост и якост на умора. Използва се в авиацията от Втората световна война в изобретенията Mitsubishi A6M Zero.

Сплав 7050 е най-добрият избор в аерокосмическата индустрия поради по-голямата си устойчивост на корозия и издръжливост от 7075. Издържа на счупване и корозия [11].

Една от най-често използваните сплави от серия 2000 в аерокосмическата индустрия е сплав 2024-T3. Счита се като самолетна сплав, защото има висока якост и устойчивост на умора. Съставът и включва приблизително 4,3-4,5% мед, 0,5-0,6% манган, 1,3-1,5% магнезий. По-малко от половин процент силиций, цинк, никел, хром, олово и бисмут се добавят за преодоляване на ниската граница на провлачване в области с високо напрежение. Също така поради образуването на интерметална фаза от реакцията на мед и магнезий, намалява устойчивостта на корозия на сплавта [12].

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Аллюминиевые сплавы: Применение аллюминиевых сплавов: Справочник. М.: Металлургия, 1985. 343 с.
- [2] Братухин А.Г. Высокоэффективные материалы - основа высокого качества, надежности, ресурса Российской авиатехники // Вестник машиностроения. 1996. №8. С. 15-18.
- [3] Брауде З.И., Ляпин А.Г., Томилин Н.В. Конструкции из аллюминиевых сплавов (справочные материалы). М.: Стройиздат, 1994. 193 с.
- [4] Систематическое снижение массы - ключ технологических разработок для автомобильного сектора / Айвар Хафсетт // Aluminium Today. Межд. журн. по производству и обработке аллюминия. Спец, выпуск №2 на русском языке для межд. выставки. Сентябрь 1996. С. 6-8.
- [5] Воронцов Л.А., Маслов В.В., Пешков И.Б. Аллюминий и аллюминиевые сплавы в электротехнических изделиях. М.: Энергия, 1971. 224 с.
- [6] Сенаторова О.Г., Сухин А.Ю., Сидельников В.В., Матвиенко С.В. Развитие и перспективы применения высокопрочных аллюминиевых сплавов для катаных полуфабрикатов // Технология легких сплавов. 2002. №4. С. 28-33.
- [7] Братухин А.Г. Современные авиационные материалы: технологические и функциональные особенности. М: Изд. Авиатехинфор., 2003. С. 7-137.
- [8] Сенаторова О.Г. Высокопрочные аллюминиевые сплавы для обшивочных деталей конструкций // Новые цветные сплавы. М.: Знание. 1980. С. 37-42.
- [9] W. Cassada, J. Liu, J. Staley, Aluminum alloys for aircraft structures, Adv Mater Processes 2002:27-9.
- [10] - Raj Jini R., P. Panneer Selvam, M. Pughalendi, A review of aluminium alloys in aircraft and aerospace industry, Journal of Huazhong University of Science and Technology, Vol 50, 2. ISSN-1671-4512
- [11] Aluminum in the Aerospace Industry <https://continentalsteel.com/>
- [12] Tolga Dursun, Costas Soutis, Recent developments in advanced aircraft aluminum alloys, Materials & Design (1980-2015), Volume 56, 2014, Pages 862-871, ISSN 0261-3069, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.12.002>.

APPLICATION OF ALUMINUM ALLOYS IN TRANSPORT

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,
BULGARIA*

Keywords: *Aluminum, Aluminium alloys, transport*

Abstract: *Aluminum and aluminum alloys are leaders in the transportation industry. They are widely used in the automotive industry and are a key element in aircraft construction due to their good characteristics of lightness, strength, ductility, resistance to mechanical stress and corrosion. The ability of aluminum alloys to achieve a unique combination of properties through alloying and heat treatment makes them adaptable to specific applications. This report provides a brief overview of the types of aluminum alloys used in the transport industry.*