

Paweł Kossakowski¹

STOPY ALUMINIUM JAKO MATERIAŁ KONSTRUKCYJNY USTROJÓW NOŚNYCH MOSTÓW

Wprowadzenie

Wiek XX to okres w budownictwie, kiedy na szeroką skalę znalazły zastosowanie nowoczesne materiały rozszerzające możliwości kształtowania obiektów wykonywanych do tej pory tradycyjnie ze stali, drewna, betonu, cegły czy kamienia. Spośród materiałów metalowych na uwagę zasługuje aluminium, a przede wszystkim jego stopy, z których wykonuje się coraz więcej konstrukcji i ich elementów. Z grupy metali nieżelaznych jest to najczęściej stosowany na świecie materiał, znajdujący użytek praktycznie we wszystkich branżach przemysłu.

Popularności materiałów aluminiowych należy doszukiwać się w połączeniu pożądanых właściwości, takich jak relatywnie niska masa, duża wytrzymałość, plastyczność umożliwiającą szeroką obróbkę, a przede wszystkim doskonałą odporność na korozję. Z uwagi na coraz większy nacisk, jaki jest obecnie kładziony na zagadnienia ekologiczne, znakomite właściwości recyklingowe aluminium powodują, że jest ono obecnie postrzegane jako *green material*, który jest przyjazny dla środowiska.

Korzystne cechy stopów aluminium sprawiają, w wielu sytuacjach zaczynają być one traktowane jako alternatywny dla stali materiał konstrukcyjny, z którego wykonuje się zasadniczą konstrukcję nośną obiektów o znacznych gabarytach, takich jak budynki czy mosty.

1. Wiadomości ogólne o aluminium i jego stopach

Aluminium to metal nieżelazny, okreśłany zgodnie z nomenklaturą chemiczną jako glin (Al). Jest to bardzo popularny pierwiastek występujący w skorupie ziemskiej w postaci różnego rodzaju związków. Z uwagi na swą relatywnie niską

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Budownictwa i Architektury, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: kossak@tu.kielce.pl

gęstość $\rho = 2698 \text{ kg/m}^3$ aluminium zaliczane jest do grupy metali lekkich, których $\rho < 4500 \text{ kg/m}^3$.

W postaci czystej aluminium cechuje się zadowalającymi parametrami mechanicznymi, które są istotnie polepszone przez dodawanie do niego rozmaitych metali (bądź niemetali), przez co uzyskuje się tzw. stopy aluminium. Te z kolei charakteryzują się wysoką wytrzymałością, która waha się od 70 MPa aż do nawet 700 MPa. W odniesieniu do stopów obrabianych plastycznie ich wytrzymałość osiąga 150÷300 MPa, co jest porównywalne z wytrzymałością wielu stali konstrukcyjnych stosowanych w technice i budownictwie. Zasadniczą przewagą stopów aluminium jest jednak przy tym około trzykrotnie niższa gęstość, pozwalająca na zauważalną redukcję masy elementów konstrukcyjnych o podobnej nośności. Podstawowe właściwości konstrukcyjnych stopów aluminium zestawiono w tabeli 1.

TABELA 1

Właściwości konstrukcyjnych stopów aluminium [1]

Rodzaj stopu	Stopy bez obróbki cieplnej			Stopy z obróbką cieplną				
Grupa	1000	3000	2000	2000	6000	7000		
Główne dodatki	czyste aluminium	Mn mangan	Mg magnez	Cu miedź	Mg, Si magnez, krzem	Zn, Mg cynk, magnez		
Typ stopu					słaby	mocny	słaby	mocny
Wytrzymałość na rozciąganie f_t [N/mm ²]	150	200	300	400	200	200	350	550
Wydłużenie względne ϵ_t [%]	3–4	5	10	10	12	8	12	10
Poziom trwałości	A	A	A	D	B	B	C	D
Spawalność	tak	tak	tak	nie	tak	tak	tak	nie
Możliwość wyciskania	bardzo dobra	–	średnia, słaba	słaba	bardzo dobra	dobra	średnia	słaba

Wysokie parametry mechaniczne materiałów aluminiowych obserwuje się również w niskich temperaturach, co rozszerza spektrum ich zastosowania w konstrukcjach narażonych na oddziaływania klimatyczne. Dodatkowo w niskich temperaturach aluminium cechuje się dobrą odpornością na kruche pękanie, co jest jego bardzo ważną zaletą jako materiału konstrukcyjnego. Spadek wytrzymałości aluminium zachodzi z kolei w temperaturach wysokich, powyżej 100°C.

Zasadniczą zaletą aluminium i jego stopów jest znakomita odporność na korozję. Jest ona uzyskiwana dzięki tworzącej się na powierzchni materiału cienkiej, gęstej i szczelnej warstwie ochronnej w postaci tlenku glinu. Choć jej grubość wynosi jedynie kilka mikrometrów, jest ona na tyle wystarczająca, że w normalnych

(neutralnych) warunkach środowiskowych, w zakresie pH od 4 do 9, kiedy nie dochodzi do skraplania pary wodnej oraz w środowisku lekko kwaśnym aluminium charakteryzuje się na tyle wysoką odpornością na korozję, że może być użytkowane przez długi okres bez stosowania dodatkowych zabiegów ochronnych. W zakresie odporności na korozję tlenkową warstwa ochronna jest niejako „samonaprawialna”, bo w przypadku uszkodzenia dochodzi do jej naturalnego odtworzenia. Aluminium jest odporne na działanie niektórych kwasów, takich jak kwas azotowy, licznych kwasów organicznych i siarkowodoru. Jednakże w środowisku silnie kwaśnym i zasadowym aluminium dość szybko koroduje i wymaga zastosowania odpowiedniego zabezpieczenia.

Z kolei stopy aluminium charakteryzują się niższą odpornością na korozję niż czyste aluminium. Jest to szczególnie obserwowane w sytuacji, gdy materiałem stopianym jest miedź, o czym należy pamiętać, stosując ten typ stopu do konstrukcji narażonych na czynniki agresywne korozyjne.

Znakomite parametry aluminium i jego stopów w zakresie odporności na korozję to główny czynnik sprawiający, że konstrukcje wykonane z tych materiałów cechują się bardzo dużą trwałością. Dodając do tego możliwość w zasadzie nieograniczonego recyklingu, aluminium traktowane jest jako materiał ekologiczny, który zarówno w wyrobie pierwotnym, jak i elemencie wytworzonym z materiału odzyskanego może funkcjonować dziesiątki, a nawet setki lat.

Z technologicznego i produkcyjnego punktu widzenia materiały aluminiowe charakteryzują się bardzo dobrymi cechami plastycznymi, pozwalającymi na ich różnorodną obróbkę, tj. skrawanie, frezowanie, gięcie, perforowanie czy wyciskanie, które jest często wykorzystywane w produkcji profili konstrukcyjnych.

2. Materiały aluminiowe w budownictwie

Obecnie zastosowanie aluminium jest bardzo szerokie i obejmuje w zasadzie wszystkie obszary działalności człowieka. Jedną z najważniejszych branż jest branża budowlana, gdzie aluminium i jego stopy są jednymi z podstawowych materiałów. W największym stopniu decydują o tym trzy korzystne właściwości:

- około trzykrotnie niższy w porównaniu do stali konstrukcyjnej ciężar właściwy,
- wytrzymałość porównywalna z wytrzymałością podstawowych (tzw. miękkich) stali konstrukcyjnych,
- bardzo dobra odporność na korozję.

Stopy aluminium są stosowane zarówno do wykonywania zasadniczej konstrukcji rozmaitych obiektów budowlanych [2], jak również jako materiał, z którego wykonuje się elementy wykończeniowe [3]. Znajdują one zastosowanie w budynkach o różnym przeznaczeniu, szczególnie w sytuacji gdy wymogi architektoniczne i funkcjonalne narzucają konieczność kształtowania dużych przestrzeni, co wymaga stosowania np. przekryć strukturalnych czy kopuł. Z materiałów aluminiowych wykonuje się także obiekty o mniejszych gabarytach, takich jak zadaszenia,

niewielkie przekrycia czy wiaty lokalizowane na przystankach komunikacyjnych. Coraz więcej wykonuje się z nich również obiektów małej architektury. Bardzo szeroko aluminium jest stosowane jako materiał wykończeniowy, wykorzystywany do wykonywania elewacji czy elementów ślusarki okiennej i drzwiowej.

Osobnym obszarem zastosowanie stopów aluminium jako materiału konstrukcyjnego są konstrukcje specjalnego przeznaczenia, lokalizowane często w środowisku agresywnym oraz trudnodostępnym terenie, gdzie montaż jest przeprowadzany w sposób niestandardowy. Z uwagi na redukcję masy stopy aluminium są wykorzystywane do wykonywania części ruchomych obiektów budowlanych.

Branżą budownictwa, która coraz chętniej sięga po materiały aluminiowe, jest mostownictwo, gdzie zaczynają one coraz częściej zastępować elementy wykonywane do tej pory tradycyjnie ze stali, ale również i betonu.

3. Możliwości zastosowania stopów aluminium w inżynierii mostowej

O zastosowaniu stopów aluminium w mostownictwie decydują wymienione wcześniej zalety związane z korzystnymi parametrami wytrzymałościowymi, niskim ciężarem własnym oraz odpornością na korozję. Obecnie są one używane do wykonywania:

- zasadniczej konstrukcji nośnej,
- pomostów,
- elementów wyposażenia.

Z uwagi na specyfikę konstrukcji mostowych zastosowanie stopów aluminium powoduje szereg korzyści, z których główne to:

- redukcja kosztów związanych z utrzymaniem obiektów,
- uproszczenie produkcji elementów, ich montażu i wznoszenia obiektów,
- podniesienie obciążeń użytkowych mostów istniejących poprzez redukcję masy konstrukcji (w tym pomostów),
- walory estetyczne,
- obniżenie kosztów wykonania i użytkowania mostów ruchomych (niższa masa konstrukcji = mniejsze zużycie energii elektrycznej).

Zastosowanie stopów aluminium w specyficznych obiektach mostowych pozwala na ich optymalizację. Przykładowo, w konstrukcjach lekkich, oprócz efektów wymienionych powyżej, osiągana jest także istotna redukcja kosztów budowy obiektów o długich przęsłach i mostów ruchomych, dla których ciężar własny jest głównym obciążeniem. W przypadku obiektów istniejących dzięki zastosowaniu lekkich komponentów możliwe jest również zwiększenie ich gabarytów (długość, szerokość), co pozwala na wykonanie dodatkowych pomostów przeznaczonych na ścieżki rowerowe czy ruch pieszych. Redukcja masy elementów upraszcza montaż, co korzystnie przekłada się na wznoszenie całych konstrukcji, jak również obniża koszty transportu.

Traktując obiekty mostowe w kategoriach obiektów zrównoważonych, zastosowanie stopów aluminium przyczynia się do minimalizacji zużycia materiału, a tym samym redukcji kosztów oraz mniej szkodliwego niż w innych przypadkach oddziaływania na środowisko z uwagi na konserwację obiektu (znikome oddziaływanie na środowisko, odporność korozyjna, brak konieczności napraw, malowania etc.).

Bardzo korzystna w odniesieniu do konstrukcji mostowych jest możliwość zastosowania szerokiego wachlarza geometrii przekrojów dla elementów wyciskanych, aż do 600 mm wysokości i 400 mm szerokości, co stwarza nowe możliwości w zakresie kształtowania geometrii i osiągnięcia znacznych rozpiętości przęseł.

W ostatnim okresie obserwuje się podnoszenie stanu wiedzy na temat zachowania się aluminium i jego stopów jako materiałów konstrukcyjnych, co sprzyja optymalizacji wykorzystania ich właściwości.

Istotną kwestią jest również konkurencyjność w zakresie kosztów konstrukcji aluminiowych. Koszty te przy optymalizacji projektowej są porównywalne z kosztami konstrukcji stalowych, jednakże w ujęciu trwałości, z uwagi na minimalizację kosztów utrzymania, są znacząco niższe w cyklu życia obiektu.

4. Ustroje nośne obiektów mostowych ze stopów aluminium

Od wielu już lat problematyka zastosowania aluminium i jego stopów w mostownictwie jest tematem wielu badań i prac naukowych. Sukcesywnie z realizacją kolejnych obiektów publikowane są artykuły opisujące ich konstrukcję oraz specyfikę elementów aluminiowych [4-6]. Poszukiwanie rozwiązań, które gwarantowałyby poprawną aplikację i optymalne wykorzystanie korzystnych cech materiałów aluminiowych do kształtowania ustrojów nośnych obiektów mostowych jest prowadzone także obecnie, głównie zagranicą [7-9]. Osobnym nurtem prac jest kształtowanie pomostów aluminiowych [10-12]. Tematyka stosowania stopów aluminium w inżynierii mostowej jest podejmowana także w naszym kraju [1, 13, 14].

Historia stopów aluminium w mostownictwie sięga roku 1933, kiedy to wykonano z tego materiału pomost na obiekcie istniejącym, moście Smithfield Street Bridge w Pittsburghu (USA). Wymieniono wtedy całą konstrukcję istniejącego pomostu drewniano-stalowego. Nowy pomost aluminiowy wykonano w formie rusztu z podłużnic i poprzecznic przykrytego blachą. Analogicznie zmodernizowano również w tym obiekcie wsporniki chodnikowe.

Pierwszy całkowicie aluminiowy most Grasse River Bridge został zbudowany w pobliżu Massena (Nowy Jork) w 1946 roku. Zlokalizowano go na linii kolejowej obsługującej hutę ALCOA. Rozpiętość przęseł mostu wynosi 30,5 m. Jest to konstrukcja wieloprzęsłowa z dźwigarami stalowymi, gdzie jedno z przęseł wykonano jako aluminiowe, redukując jego masę o 43% w porównaniu do przęseł stalowych. Jako ciekawostkę można podać, że przęsło, gdzie zastosowano dźwigary aluminiowe, jest jedynym, gdzie nie doszło do korozji konstrukcji.

Kolejne obiekty mostowe, w których zastosowano aluminiowe elementy konstrukcyjne, powstały pod koniec lat 40. i na początku lat 50. XX wieku. Należy tu wymienić Sunderland Bridge, który wybudowany w 1948 roku w Wielkiej Brytanii był pierwszym tego typu mostem w Europie, Arvida Bridge w Kanadzie (1950), czy Aberdeen Bridge w Wielkiej Brytanii (1953). Most Arvida Bridge to obecnie najdłuższy aluminiowy obiekt mostowy o rozpiętości środkowego przęsła 88,4 m (rys. 1).



Rys. 1. Arvida Bridge (Kanada) [15]

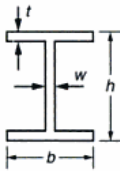
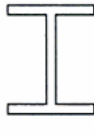
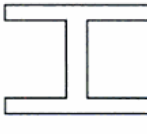


Na kontynencie europejskim pierwszym drogowym obiektem aluminiowym był wykonany w 1956 roku Schwansbell Bridge w Niemczech. Znakomita większość budowli wybudowanych w tamtym okresie funkcjonuje do dziś.

W następnych latach sukcesywnie wykonywano tego typu obiekty mostowe w wielu krajach świata. Najwięcej z nich powstało w USA, Wielkiej Brytanii, Holandii i Niemczech.

Rozwój technologii produkcji i kształtowania dużych przekrojów profili wykonywanych ze stopów aluminium serii 6000, jaki miał miejsce w latach sześćdziesiątych XX wieku, rozszerzył możliwości ich zastosowania w konstrukcjach mostowych do wykonywania głównych elementów nośnych. Niestety, w tamtym okresie zbiegło się to ze wzrostem cen tego materiału. Z kolei obniżka cen, jaka miała miejsce w latach dziewięćdziesiątych, odnowiła zainteresowanie tego typu aplikacjami, głównie w oparciu o profile wyciskane. Efektem tego było opracowanie systemu elementów o przekroju skrzynkowym, które były ze sobą spawane oraz zespolone z pomostami aluminiowymi wykonywanymi w formie „płyt kanałowych”. W Europie w latach 1998-2008 wybudowano wiele obiektów mostowych w tej technologii. Przykładem takiego obiektu jest most Forsamo w Norwegii o rozpiętości 39 m, wybudowany w miejsce poprzedniego obiektu, który uległ zużyciu.

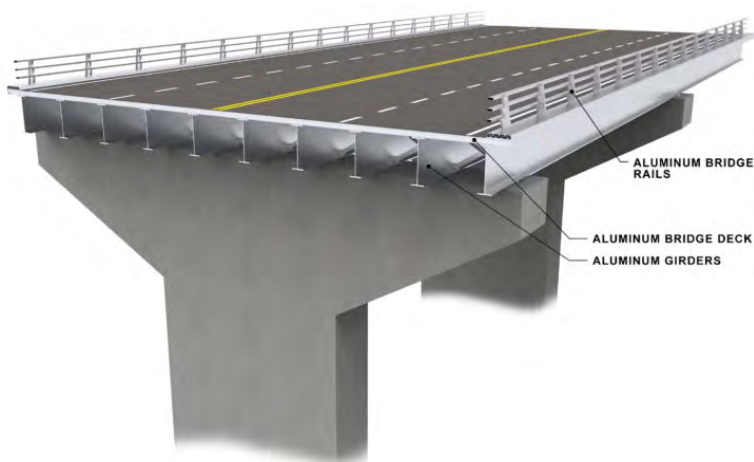
Jak wspomniano wcześniej, zasadniczą zaletą stosowania stopów aluminium do wykonywania konstrukcji nośnej obiektów jest redukcja ich masy. Jest to

uzyskiwane dzięki korzystnej relacji parametrów gęstość-sprężystość-wytrzymałość, jaka charakteryzuje ten materiał. W naturalny sposób cecha ta została wykorzystana w odniesieniu do konstrukcji mostowych. Najlepiej widać to na zestawieniu gabarytów przekrojów stosowanych na główne dźwigary mostowe, które wykonano ze stali konstrukcyjnej oraz stopów aluminium, pokazanym na rysunku 2.

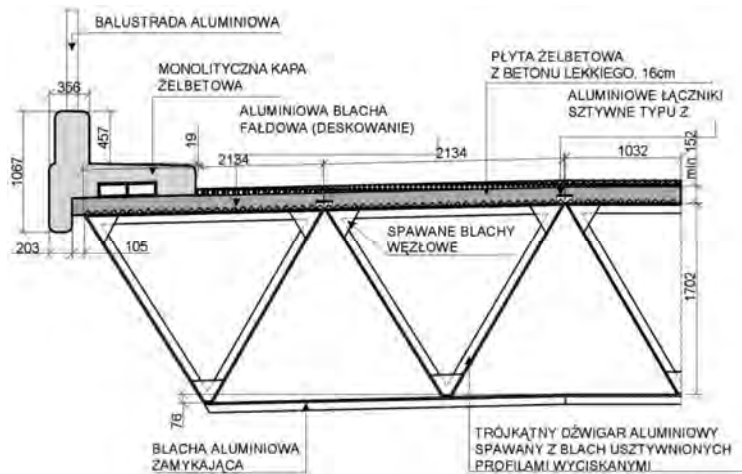
	Steel	Aluminium alloy	Aluminium alloy	Aluminium alloy
				
Moment of inertia in mm^4	38.9 E 6	116.6 E 6	116.7 E 6	117.3 E 6
EI (N/mm^2)	8.17 E 12	8.16 E 12	8.17 E 12	8.21 E 12
h (mm)	240	240	300	330
b (mm)	120	240	200	200
t (mm)	9.8	18.3	12.9	10
w (mm)	6.2	12	6	6
g (kg/m)	30.7	30.3	18.4	15.8

Rys. 2. Zestawienie gabarytów przekrojów dźwigarów mostowych wykonanych ze stali oraz stopów aluminium [16]

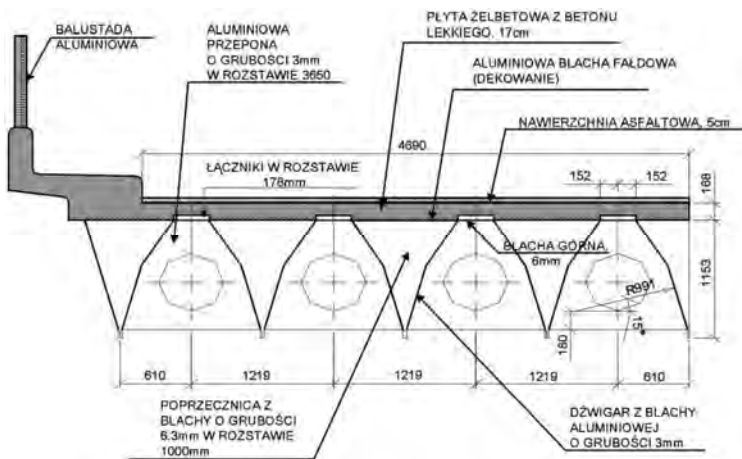
Rozwiązania konstrukcyjne mostów aluminiowych są analogiczne do mostów stalowych. Ich ustroje nośne kształtowane są najczęściej w oparciu o zastosowanie aluminiowych dźwigarów wykonanych z kształtowników, o przekrojach skrzynkowych zamkniętych lub otwartych, z blach, a także w układzie kratownicowym. Przykładowe rozwiązania pokazano na rysunkach 3-6.



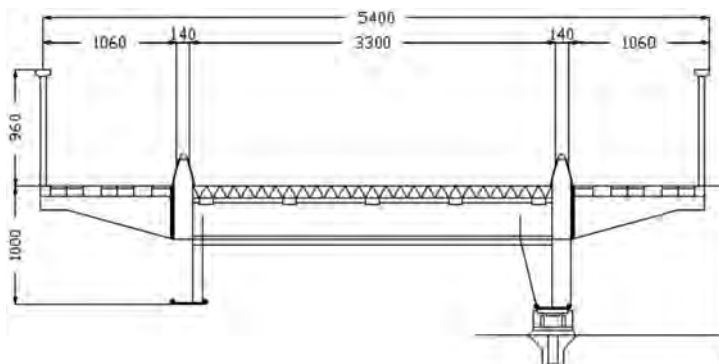
Rys. 3. Konstrukcja mostu aluminiowego z dźwigarami z kształtowników [17]



Rys. 4. Przekrój poprzeczny mostu aluminiowego w systemie Fairchild [1]



Rys. 5. Przekrój poprzeczny mostu aluminiowego w systemie Reynolds-Baroni [1]



Rys. 6. Przekrój poprzeczny mostu aluminiowego w Singen (Niemcy) [1]

Stopy aluminium są również coraz częściej stosowane jako materiał konstrukcyjny do wykonywania mostów ruchomych. Podstawowym kryterium w tym zakresie jest niższy ciężar konstrukcji w porównaniu do tej wykonanej ze stali, co znacząco przekłada się na obniżenie kosztów zasilania układu sterującego.

Krajem, w którym powstało wiele tego typu mostów, jest Holandia, gdzie uwarunkowania wodne (duża ilość kanałów) w naturalny sposób wymuszają ich budowę. W efekcie już kilkanaście lat temu podjęto tam szeroki program badawczy dotyczący mostów aluminiowych. Między innymi opracowano system typowych przęseł mostów zwodzonych Groningen. Pozwala on na wykonywanie mostów zwodzonych o rozpiętości do 18 m i szerokości do 12 m. Przykładem zrealizowanego obiektu jest most Uiverbrug nad kanałem Riekenhaven w Amsterdamie (rys. 7). Długość przęsła tego mostu wynosi 13 m, wysokość 0,9 m, a nośność 45 ton, co umożliwia prowadzenie nie tylko normalnego, ale również ciężkiego ruchu kołowego. Konstrukcja nośna przęseł jest wykonana z profili wyciskanych o przekroju trapezowym oraz blach ze stopu aluminium.



Rys. 7. Most Uiverbrug nad kanałem Riekenhaven w Amsterdamie (Holandia) [18]

Innym obszarem zastosowania stopów aluminium jako podstawowego materiału na konstrukcje nośne są obiekty mostowe przeznaczone dla ruchu pieszych. Ich konstrukcja jest podobna jak w przypadku obiektów drogowych i kolejowych.

Przy niewielkich rozpiętościach stosuje się systemy, w których obiekty tego typu wykonuje się w całości (rys. 8). Przyspiesza to diametralnie zarówno montaż konstrukcji, jak i wykonanie całego obiektu wraz z wyposażeniem. Dodatkowo redukuje ilość połączeń, co wpływa również korzystnie na estetykę obiektu (rys. 9).



Rys. 8. Transport wykonanego w całości aluminiowego obiektu mostowego gotowego do montażu [19]



Rys. 9. Obiekt oddany do użytku [19]

Podsumowanie

Aluminium i jego stopy to jeden z materiałów konstrukcyjnych, który od dłuższego już czasu konsekwentnie rozszerza obszar swych zastosowań. Coraz śmielej

wkracza ono do budownictwa, stając się równorzędnym dla najczęściej stosowanych materiałem konstrukcyjnym, z którego wykonuje się ustroje nośne obiektów budowanych realizowanych do tej pory najczęściej ze stali lub betonu. Branżą, w której stopy aluminium powoli zaczynają być materiałem alternatywnym dla wyżej wymienionych, jest mostownictwo, co można zaobserwować, analizując ostatnie trendy w kształtowaniu konstrukcji obiektów mostowych. Korzystny jest tu spadek cen aluminium, jaki obserwuje się od dłuższego już czasu na świecie, co pozwala na wykonywanie konstrukcji konkurencyjnych cenowo do stali. Dodatkowo rozwój technologii kształtowania przekrojów o znacznych gabarytach ze stopów o wysokich parametrach wytrzymałościowych oraz znakomitej odporności na korozję skłania do zastosowania tego właśnie materiału do wykonywania struktury nośnej obiektów mostowych.

Literatura

- [1] Siwowski, T., Drogowe mosty aluminiowe - wczoraj, dziś i jutro, *Drogi i Mosty* 2005, 4, 1, 39-74.
- [2] Kwiatkowski T., Aluminium w nowoczesnych konstrukcjach budowlanych, *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej* 2012, 168, *Budownictwo* 18, 108-115.
- [3] Kossakowski P., Elewacje aluminiowe, *Przegląd Budowlany* 2014, 85, 12, 39-43.
- [4] Böleskey E., Haviar G., Eine Aluminiumbrücke in Szabadszállás, *Bauplanung - Bautechnik* 1955, 9, 191-197.
- [5] Westhaus K.H., Pantel R., Hintz W., Die erste deutsche Strassenbrücke aus Aluminium, *Aluminium* 1956, 32, 466-475.
- [6] Ashton N.L., First welded aluminium girder bridge spans Interstate Highway in Iowa, *Civil Engineering* 1958, 28, 79-80.
- [7] Das S.K., Kaufman J.G., Aluminium alloys for bridges and bridge decks, *The Minerals, Metals & Materials Society* 2007, 61-72.
- [8] Coughlin R., Walbridge S., Fatigue testing and analysis of aluminium welds under in-service highway bridge loading conditions, *Journal of Bridge Engineering* 2012, 17, 409-419.
- [9] Wen Q.J., Qi Y.J., Research on Design of Aluminium Truss Bridge, *Advanced Materials Research* 2010, 168-170, 1776-1779.
- [10] Saleem M., Mirmiran A., Xia J., Mackie K., Experimental evaluation of aluminium bridge deck system, *Journal of Bridge Engineering* 2012, 17, 97-106.
- [11] Zhang Y., Qiu J. F., Bai H., Application and research progress of aluminium alloy bridge decks, *Key Engineering Materials* 2012, 517, 763-770.
- [12] Choo C.C., Peiris A., Harik I.E., Development and Deployment of Aluminium Bridge Decks, *Kentucky Transportation Center, Lexington* 2012.
- [13] Siwowski T., Wykorzystanie pomostów aluminiowych do modernizacji mostów, *Inżynieria i Budownictwo* 2002, 58, 154-159.
- [14] Siwowski T., Wykorzystanie stopów aluminium do budowy kładek dla pieszych, *Materiały V Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej Problemy projektowania, budowy i utrzymanie mostów małych i średnich rozpiętości*, Wrocław 2004, 366-375.
- [15] <https://commons.wikimedia.org>
- [16] Ryall M.J., Parke G.A.R., Harding J.E., *The Manual of Bridge Engineering*, London 2000.

- [17] Walbridge S., de la Chevrotière A., Opportunities for the Use of Aluminium in Vehicular Bridge Construction, Aluminium Association of Canada Report, MAADI Group, Montreal 2012.
- [18] <http://aluminium.matter.org.uk>
- [19] <http://www.archiexpo.com>

Streszczenie

Aluminium i jego stopy to obecnie jeden z materiałów, którego zastosowanie w budownictwie obejmuje coraz to nowsze obszary. To już nie tylko materiał wykończeniowy, ale coraz częściej podstawowy materiał konstrukcyjny. Stopy aluminium są coraz szerzej stosowane w inżynierii mostowej, gdzie wykonuje się z nich elementy wyposażenia czy pomosty, ale także główne ustroje nośne. Tematyka ta została przedstawiona w artykule, gdzie scharakteryzowano aluminium i jego stopy pod kątem możliwości wykorzystania w mostownictwie jako podstawowego materiału konstrukcyjnego. Zaprezentowano także przykłady obiektów mostowych ze stopów aluminium, jak również trendy obserwowane w nowoczesnych obiektach mostowych wykonywanych z tego materiału.

Słowa kluczowe: mosty, mosty aluminiowe, aluminium, stopy aluminiowe

Aluminium alloys as structural material in bridges

Abstract

Aluminium and its alloys is now one of the materials, which reaches the new area in construction industry. It's not just a finishing material, but more often the primary construction material. Aluminium alloys are increasingly are used in bridge engineering, where it is used not only for the equipment or decks, but also for main structure. This problems are presented in the article, where aluminium and its alloys are discussed in terms of application in bridge engineering as a primary construction material. Examples of bridge structures whose construction wet made of aluminium alloy, as well as new trends observed in modern objects made of this material are also presented.

Keywords: bridges, aluminium bridges, aluminium, aluminium alloys