

Tomasz Kwiatkowski

## ALUMINIUM W NOWOCZESNYCH KONSTRUKCJACH BUDOWLANYCH

### Wprowadzenie

Materiały budowlane, a przede wszystkim konstrukcyjne, spełniają istotną funkcję w rozwoju społeczeństwa. Dzisiejsi konstruktorzy stawiają duże wymagania wykorzystywanym w swoich projektach materiałom, do których z pewnością zaliczają się aluminiowe tworzywa konstrukcyjne. Po prawie 200 latach wyroby z tworzyw aluminiowych znalazły zastosowanie niemal we wszystkich dziedzinach życia człowieka, od rzeczy codziennego użytku, poprzez różnego typu pojazdy aż po stacje kosmiczne [1]. Czynniki, które przyczyniły się do popularności aluminium, to między innymi mała gęstość, dobra plastyczność i leżność, dobra przewodność cieplna i elektryczna. Do jego największych atutów, oprócz małej gęstości, zalicza się odporność na korozję. Przyczyną tej właściwości jest cienka, ale zwarta i nierozzerwalna w wodzie warstewka tlenku glinowego, tworzącego się bardzo szybko na powierzchni przedmiotów aluminiowych. Na czystym aluminium pojawia się już w przeciągu kilku sekund cienka warstwa rzędu  $0,001\mu\text{m}$ , która w ciągu kilku lat może wzrosnąć przy sprzyjających warunkach nawet do  $0,1\mu\text{m}$  [2]. Dodatkowo metal ten ulega recyklingowi, co pozwala odzyskać ponad 90% surowca do powtórnej obróbki. Ogólne zastosowanie aluminium i jego stopów można pogrupować w następujący sposób:

- architektura i budownictwo,
- budowa maszyn i urządzeń,
- transport i komunikacja,
- sport i turystyka,
- medycyna i rehabilitacja,
- przemysł drukarski i reklamowy,
- opakowania,
- inne zastosowania.

Jak widać, zakres stosowalności aluminiowych tworzyw jest bardzo szeroki i teoretycznie nieograniczony. Jedynym czynnikiem przemawiającym na ich niekorzyść jest (jak na razie) wyższy koszt wytworzenia w stosunku do wyrobów stalowych [3].

## 1. Architektura i budownictwo

Tworzywa aluminiowe odgrywają coraz większą rolę w tworzeniu nowych form przestrzennych w architekturze i nowatorskich rozwiązaniach konstrukcyjno-materiałowych. Możliwości, jakie dają architektom i budowniczym, sprawiają, że mogą oni kształtować zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne części obiektu.

Od kiedy po raz pierwszy użyto aluminium do pokrycia kopuły kościoła San Gioacchino w Rzymie w 1897 r. znacznie zwiększył się zakres stosowności tego cennego materiału w budownictwie, doprowadzając do tego, że stał się on tworzywem wyznaczającym nowe kierunki przemysłowych metod wykonawstwa. Wdrożenie stopów aluminium umożliwiło:

- wprowadzenie nowych rozwiązań w konstrukcjach obiektów, które podnoszą stopień uprzemysłowienia budownictwa,
- obniżenie ciężaru konstrukcji, a tym samym ograniczenie zużycia ciężkich materiałów budowlanych,
- obniżenie kosztów transportu,
- skrócenie czasu przeznaczonego na montaż konstrukcji,
- zwiększenie trwałości elementów budowlanych, które obniżają koszt eksploatacji,
- podniesienie wartości użytkowych i estetycznych budownictwa,
- uzyskanie nowych środków wyrazu, które powodują powiększenie pola twórczej działalności architektów [4].

W dużym stopniu tworzywa aluminiowe wykorzystywane są do produkcji różnego rodzaju profili, prętów, rur, odkuwek wykonanych ze stopów do przeróbki plastycznej i odlewniczej, taśm i blach. Oczywiście, czyste aluminium ze względu na swoje właściwości (m.in. plastyczność, gęstość) nadaje się do wyrobu przedmiotów ozdobnych, natomiast:

- stopy AlMg można wykorzystywać do wyrobu galanterii budowlanej,
- stopy AlMg i AlMgSi znajdują zastosowanie w produkcji okien, drzwi itp. oraz bardziej obciążonych elementów.

Z literatury firmowej wynika także, że z materiałów aluminiowych wykonuje się [1]:

- elewacje, fasady, pokrycia dachowe, konstrukcje nośne o dużych rozpiętościach, ściany okienne,
- poręcze, uchwyty, bramy przesuwne, półki i wieszaki w wagonach kolejowych,
- słupy oświetleniowe i sygnalizacyjne,
- konstrukcje dla przemysłu chemicznego, do użytku w agresywnych środowiskach,
- konstrukcje, w których stopień odporności aluminium na korozję w porównaniu z innymi materiałami przedłuży znacznie ich trwałość (np. zbiorniki do magazynowania fenolu, tłuszczów itp.).

Wśród wymienionych elementów aluminiowych we współczesnym budownictwie najbardziej rozpowszechnione są konstrukcje ścian osłonowych w różnych typach budowli - począwszy od hal (wystawowych, sportowych itp.), a skończyw-

szy na budynkach wielokondygnacyjnych. Istotną rolę odgrywa tu zastosowanie wraz z aluminium bezpiecznego szkła klejonego do elementów konstrukcyjnych oraz okien aluminiowych [3].

Aluminium wykorzystuje się do tworzenia powłok metalicznych, których celem jest dekoracja, zwiększenie twardości powierzchni lub ochrona przed korozją itp. W tym ostatnim przypadku metal naniesiony musi mieć potencjał niższy od potencjału metalu chronionego (tab. 1).

TABELA 1

**Potencjały niektórych metali w stosunku do potencjału czystego aluminium [5]**

| Metal     | Potencjał<br>mV | Metal  | Potencjał<br>mV |
|-----------|-----------------|--------|-----------------|
| Magnez    | -850            | AlCu   | +100            |
| Cynk      | -300            | Żelazo | +120            |
| AlMg      | -30÷0           | AlCuMg | +150÷+200       |
| AlMgMn    | -60÷0           | Ołów   | +250            |
| Al Czyste | 0               | Cyna   | +300            |
| AlMgSi    | +10÷+30         | Nikiel | +480            |
| AlMn      | +30             | Miedź  | +550            |

Do tego typu zabiegów stosuje się następujące metody:

- platerowanie - nawalcowanie cienkich warstw innego metalu na blachę metalu głównego, np. platerowanie blach ze stopu AlCuMg warstewkami z czystego aluminium,
- galwanizowanie - w zależności od celu jest to niklowanie, chromowanie i cynkowanie,
- zanurzanie w kąpielach zawierających metal powłoki - np. cynk, nikiel lub mangan. Metoda ta jest rzadko stosowana, gdyż nie daje szczelnych powłok,
- natryskiwanie - ma dużą zaletę, ponieważ można je stosować w miejscach trudno dostępnych.

Niestety, powłoki metaliczne są dość droгим przedsięwzięciem, dlatego są bardzo rzadko stosowane w budownictwie [2].

## 2. Lekkie jak piórko

W wysokich budowlach oraz konstrukcjach o dużych rozpiętościach lekkość materiału ma szczególny wpływ na pracę całej konstrukcji. W 1950 r. w kanadyjskiej miejscowości Arvida na rzece Saquenay w prowincji Quebec został wykonany most z kształtowników ze stopu AW-AlCuMg o długości 90 i wysokości 15 metrów. Do jego budowy zużyto 170 ton wyżej wymienionego stopu. W pierwotnej wersji miał on być wykonany ze stali, ale użycie stopu aluminium pozwoli-

ło zmniejszyć jego masę o 56%. Zabieg ten spowodował również wzrost odporności mostu na korozję i czynniki atmosferyczne [1]. Podobna sytuacja miała miejsce w Genewie, gdzie z aluminium wykonano konstrukcję sali kinowej. Duży wpływ na zastosowanie stopu aluminium AlMgSi miały czynniki gruntowe oraz wymagania architektoniczne. Konstrukcja składała się z widocznych od wewnątrz ram pełnościennych o rozpiętości 23 m, opierających się na dźwigarze stalowym i fundamentach. Grubość środnika blachownicy ramy wynosi 5÷7 mm, dodatkowo środnik wzmocniono w partii ściskanej podłużnymi żebrami. Pasy zostały wykonane jako łupiny dwudzielne o grubości 3,3 mm (rys. 1) złączone z jednej strony (dół rysunku) klamrami ułożonymi w odległości 250÷500 mm, z drugiej przynitowane do blachownicy (dodatkowo na życzenie architekta zostały przykryte specjalnymi blachami profilowanymi) [2].



Rys. 1

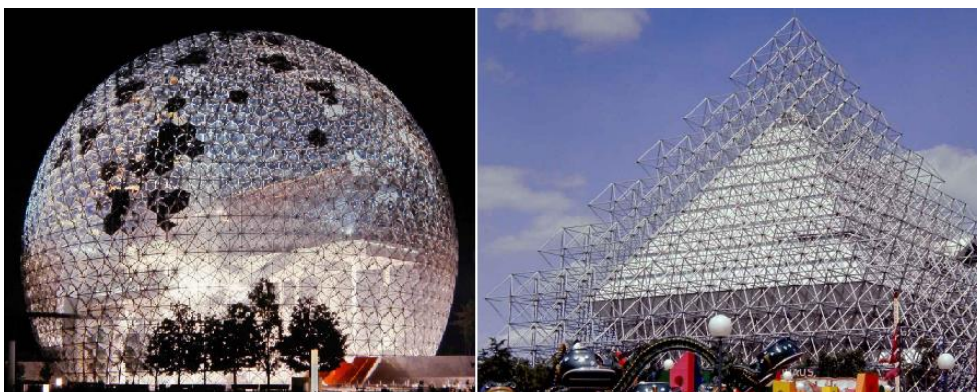
Zalety oraz możliwości kształtowania aluminium obrazuje hala wystawowa w Paryżu, położona nad brzegiem Sekwany. Budynek ten wykonany został w 1954 roku dla uczczenia „Stulecia aluminium”. Składa się on z ram o rozpiętości 15,20 i wysokości 7,34 m. Długość całej konstrukcji to 150 m, na którą składa się 114 ram o rozstawie 1,33 m [2].

Mały ciężar konstrukcji ma szczególne znaczenie w ustrojach, w których ciężar użytkowy względem ciężaru własnego jest niewielki - jak to ma miejsce w konstrukcjach przekryć dachowych. W tym przypadku decydującym czynnikiem oszczędnej konstrukcji staje się jej forma przestrzenna stwarzająca warunki dużej sztywności - współczynnik sprężystości wzdłużnej aluminium nie ma w tym przypadku istotnego wpływu na wymiarowanie konstrukcji. Istotną zmianą formy lekkich konstrukcji jest użycie w nich elementów przekładniowych, gdzie aluminium ze względu na swoją znaczną wytrzymałość i mały ciężar jest wykorzystywane na warstwy zewnętrzne, a czasem i na rdzeń komórkowy elementów przekładniowych. To powoduje, że można go używać w elementach zginanych o dużych rozpiętościach, ze względu na dużą sztywność wyrobów przekładkowych [4].

Lekkość konstrukcji aluminiowych oraz łatwość ich montażu ma duże znaczenie w obiektach przenośnych oraz rozbieralnych, takich jak, pawilony handlowe, wystawowe, kioski przenośne, mosty drogowe dla celów wojskowych oraz pomosty technologiczne.

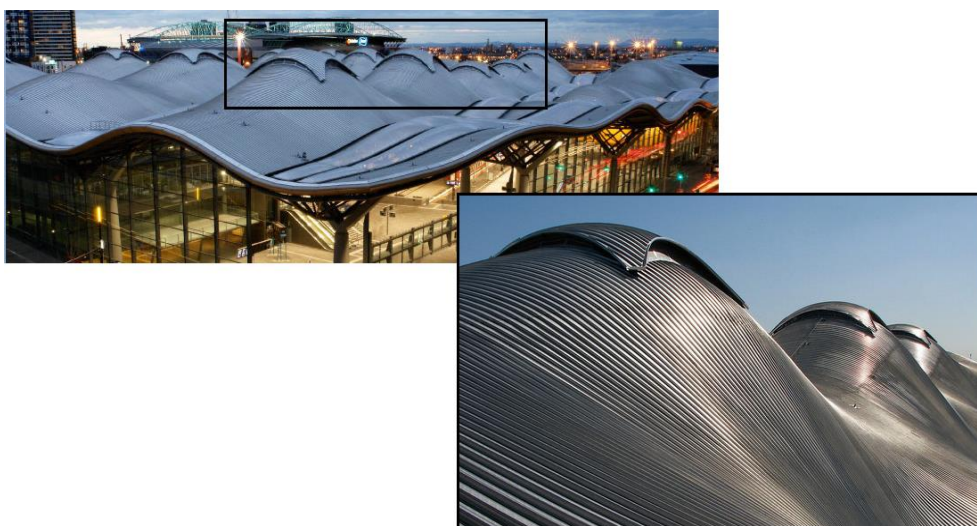
### 3. Przykłady i rozwiązania konstrukcji z wykorzystaniem stopów aluminium

Aluminium, a uściślając, stopy aluminium, to materiał, który można wykorzystać do różnego rodzaju konstrukcji. Tworzy on konstrukcje niekonwencjonalne i widowiskowe, przyciągające wzrok przechodnia (fot. 1-4). Takie budowle można było zobaczyć na Expo 67, które odbyło się w 1967 roku w Montrealu (Kanada).



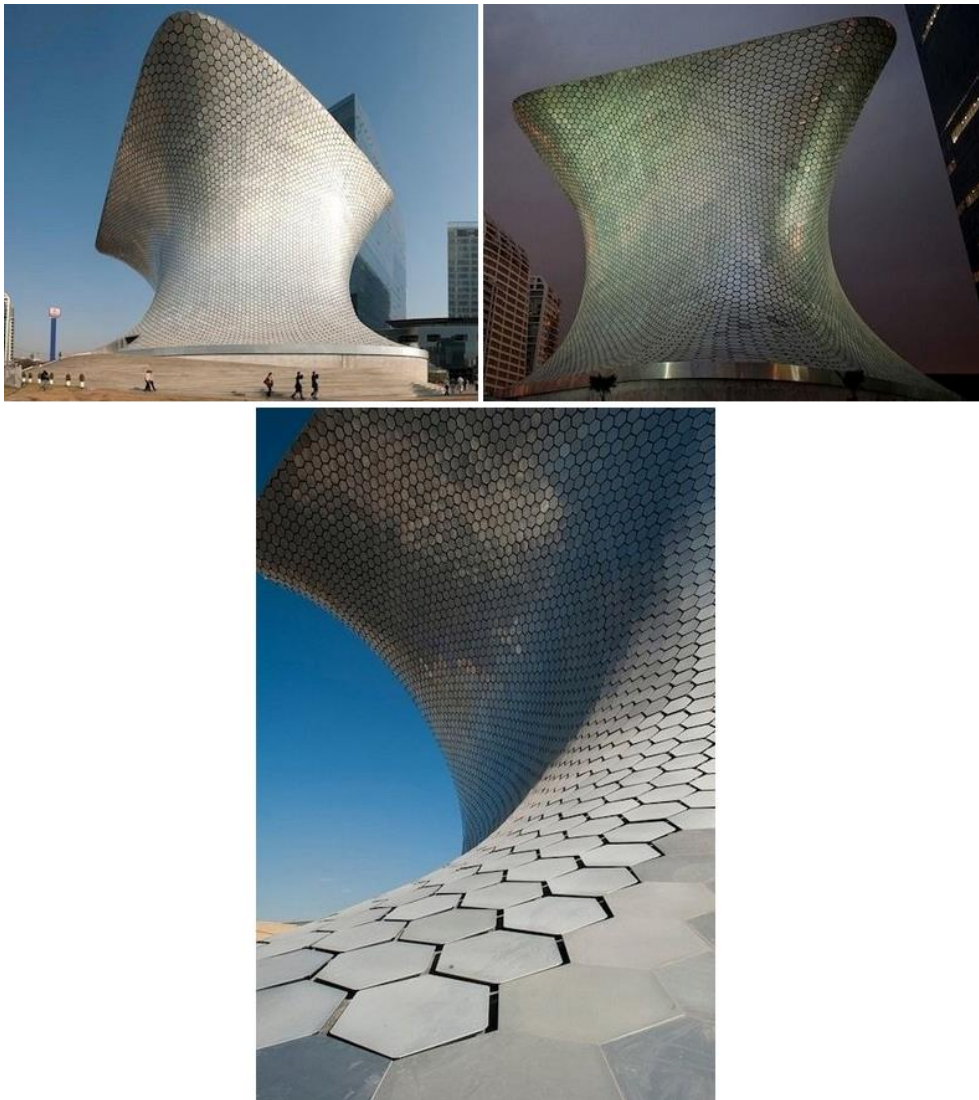
Fot. 1. Expo 67, Montreal, Quebec, Kanada - The U.S.A. Pavilion (po lewej), Gyrotron „LA RONDE” (po prawej) [6]

Przepiękna konstrukcja dachu zdobi dworzec kolejowy Southern Cross w Australii. Przypomina ona swoim wyglądem wzburzone fale oceanu.



Fot. 2. Southern Cross Station, Melbourne, Australia [7, 8]

Kolejną nietuzinkową budowlą jest Muzeum Soumaya w Meksyku, które zostało otwarte 20 marca 2011 r. Należy ono do najważniejszych obiektów skupiających kolekcje sztuki Ameryki Łacińskiej. Fasada budynku (fot. 3) nie tylko ma odzwierciedlać różnorodność znajdujących się w niej eksponatów, ale także być inspiracją dla zwiedzających to miejsce gości.



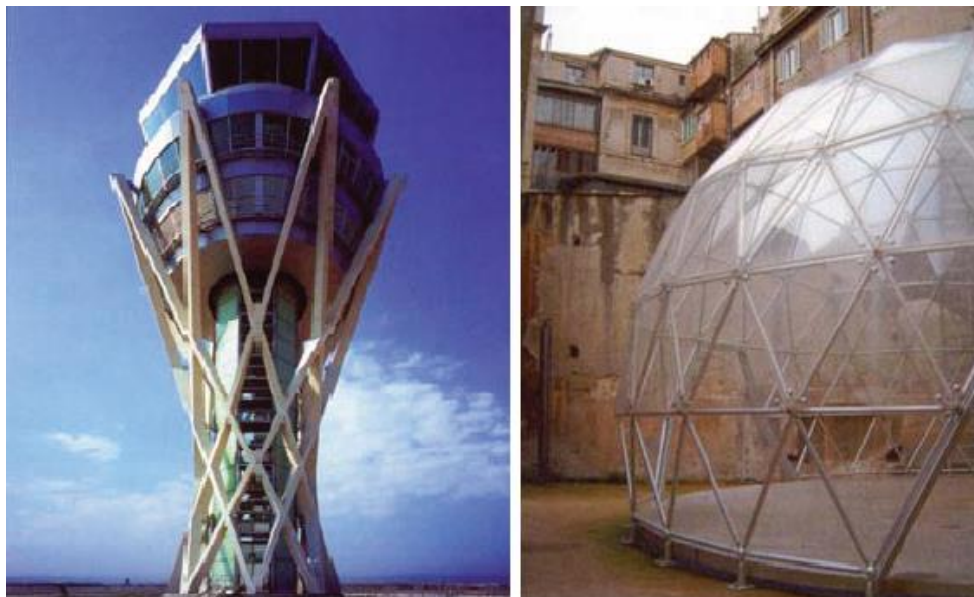
Fot. 3. Muzeum Soumaya w Meksyku [9]

Zewnętrzne ściany muzeum zrobione są z matowego aluminium z niewielkimi prześwitami (fot. 3). Rozwiązanie to można zinterpretować jako chęć stworzenia ochrony dla znajdującej się wewnątrz kolekcji sztuki. Fasada jest wykonana z sześciokątnych aluminiowych ogniów (fot. 3), które optymalizują pracę, trwałość i konserwację całej konstrukcji [9].

Konstrukcje aluminiowe stają się jednak bardzo często jedynie uzupełnieniem estetycznym konstrukcji stalowych. Spowodowane jest to kosztem wytworzenia aluminium, który w porównaniu ze stalą jest 5-6 razy wyższy dla analogicznych wyrobów. Taki charakter najczęściej mają konstrukcje zaprojektowane jako prze-



krycia strukturalne lub powłoki prętowe jedno- bądź dwukrzywiznowe. Struktury prętowe przyjmują formy dekoracyjne, np. kopuł czy piramid, i są stosowane w charakterze prestiżowym dla aglomeracji miejskiej lub regionu. Przykładami takich konstrukcji są wieża kontrolna na lotnisku w Barcelonie (fot. 4) oraz kopuła geodezyjna muzeum w Rzymie (fot. 4a, b).



a)

b)

Fot. 4. a) wieża kontrolna na lotnisku w Barcelonie, b) muzeum Mercati Traianei w Rzymie [10]

Konstrukcje stalowe, mimo niższej ceny i szerokiego zastosowania, nie mogą jednak zastąpić konstrukcji aluminiowych, takich jak struktury powierzchniowe czy zbiorniki na specjalne chemikalia, których nie można magazynować w zbiornikach stalowych [10].

### Podsumowanie

Stopy aluminium to produkt wciąż nowy na polskim rynku i stosunkowo drogi w porównaniu do analogicznych wyrobów stalowych. Mimo bardzo dobrych właściwości, jakie prezentuje aluminium, jego stosowanie jest podyktowane głównie warunkami konstrukcyjnymi, a częściej względami estetycznymi i prestiżowymi. Dlatego jest wykorzystywane przeważnie do konstruowania przekryć strukturalnych i powłok prętowych jedno- lub dwukrzywiznowych.

## Literatura

- [1] Posmyk A., Warstwy powierzchniowe aluminium tworzyw konstrukcyjnych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [2] Mromliński R., Konstrukcje aluminiowe, Wyd. Arkady, Warszawa 1975.
- [3] Łubiński M., Żółtowski W., Konstrukcje metalowe, Część II, Wyd. Arkady, Warszawa 2004.
- [4] Parczewski W., Aluminium w architekturze, PWN, Warszawa 1978.
- [5] Aluminium Taschenbuch, wyd. 12, Aluminium Verlag, Düsseldorf 1963.
- [6] <http://www.robert-lavigne.com/expo67/index.html>, 2012.02.20
- [7] <http://www.southerncrossstation.net.au/index.html>, 2012.02.20
- [8] <http://opentravel.com/blogs/ten-most-impressive-railway-stations/>, 2012.02.20
- [9] [http://architrip.pl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12:muzem-soumaya&catid=5:meksyk](http://architrip.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=12:muzem-soumaya&catid=5:meksyk), 2012.05.17
- [10] Gwóźdź M., Problemy projektowe współczesnych konstrukcji aluminiowych, Wyd. Politechniki Krakowskiej z. 4-A/2007.

## Streszczenie

Tematem niniejszej pracy jest zastosowanie i wykorzystanie aluminium we współczesnym budownictwie i w architekturze. Zaprezentowano niekonwencjonalne konstrukcje istniejących budowli oraz rozwiązania konstrukcji, w których wykorzystano stopy aluminium.

## Aluminum in the modern building constructions

### Abstract

The subject of this paper is the adaptation and the usage of aluminum in the modern building industry and architecture. This work also presents both the unconventional constructions of existing buildings and other constructions, in which the aluminum alloys were used.