

NIESTRASZNE NAM ALUMINIUM

Wytrzymałość stopów aluminium sprawia, że kadłuby aluminiowe mogą być od 45% do 67% lżejsze od kadłubów stalowych. Dobra odporność na korozję atmosferyczną i działanie wody morskiej powoduje, że nie wymagają one prawie żadnej konserwacji. Choć ceny stopów aluminium są wyższe niż stali, równoważą to ich zalety.

Bogdan Małolepszy

Materiały i współczynniki

Według PRS-u do budowy kadłubów i innych elementów jachtów powinny być stosowane stopy aluminium układu Al-Mg (hydronalium), do przeróbki plastycznej, o ograniczonej zawartości miedzi (zanieczyszczenia do 0,1%). Na niektóre elementy np. zbiorniki wody (z uwagi na nietoksyczność aluminium) zaleca się stosowanie stopów: Al Mn 1 - PA 1; AlMg 2 - PA2; AlMg 1 - PA 43, na elementy konstrukcyjne

osprzętu żaglowego (maszty, borny, okucia itp.) Al Mg Si - PA 38; Al Zn5 Mg1 - PA47.

Podstawę do obliczeń przy obciążeniach statycznych stanowi wytrzymałość doraźna na rozciąganie R_m i umowna granica plastyczności $R_{0,2}$ (naprężenie, przy którym wydłużenie trwałe wynosi 0,2%). Przy obciążeniach ściskających przyjmuje się te same wartości co przy obciążeniach rozciągających. Wytrzymałość na ścinanie wynosi $R_t = 0,6 R_m$. W stopach aluminium przy długo-

trwałym obciążeniu występuje zjawisko pełzania - trwałe odkształcenie plastyczne. Pełzanie to wywołuje spadek wytrzymałości przy obciążeniach zmiennych, który należy brać pod uwagę podczas wymiarowania konstrukcji.

Tajniki spawania

Spawalność aluminium i jego stopów jest utrudniona dużą przewodnością cieplną, która wymaga doprowadzenia znacznej ilości ciepła do spawania. Duże powinowactwo z tlenem powoduje, że aluminium pokrywa się szybko warstewką topiącego się dopiero w temperaturze powyżej 2000°C tlenku, która ściśle przylega do powierzchni metalu i nie tylko utrudnia spawanie, lecz także zanieczyszcza go, obniżając wytrzymałość spoiny.

Po uzgodnieniu z inspektorem PRS-u można stosować niewrażliwy na pęknięcia stop Al Zn Mg Ti (droższy) spawany drutem o takim samym składzie. Wytrzymałość połączenia tego stopu jest praktycznie identyczna z wytrzymałością materiału

Metody spawania aluminium i jego stopów

- łukowa, elektrodą wolframową TIG (Tungsten Inert Gas)
- łukowa, elektrodą topliwą MIG (Metal Inert Gas).
 - w metodzie TIG łuk jarzy się między praktycznie nie zużywającą się elektrodą wolframową i spawanym materiałem, przy czym elektroda, łuk i spawane miejsce osłonięte są argonem. Wypełnianie spoiny przeprowadza się prądem nie obciążonym prądem.
 - w metodzie MIG łuk jarzy się między elektrodą i materiałem spawanym pod osłoną argonu. Zasilanie zużywającej się elektrody odbywa się automatycznie, spawacz prowadzi tylko pistolet. Jest to metoda półautomatyczna.

Argon z jednej strony chroni elektrodę, łuk i stopiony metal przed utlenianiem, z drugiej strony oczyszcza spawaną powierzchnię i drut z tlenków.

podstawowe. Materiał na drut do spawania określają następujące czynniki: skład spawanego stopu, wymagania stawiane spoinie, technika spawania. Dla stopu zalecanego przez PRS - Al Mg 4,5 Mn (PA13), najlepszy będzie drut o składzie Al Mg 5. Najlepszą odporność na korozję w wodzie morskiej i słodkiej wykazuje stopy gatunku Al Mg z dodatkiem stabilizatorów takich jak: chrom, mangan lub wanad w łącznej ilości poniżej 0,5%.

Przy projektowaniu połączeń spawanych konstrukcji nośnych należy przyjąć następujące założenia:

- praktyczna minimalna grubość materiału spawanego 3 mm, dla kadłuba 4;
- właściwy dobór drutu do spawania;
- spawanie wyłącznie metodami TIG lub MIG;
- prawidłowe wykonanie spoin przez wykwalifikowanych spawaczy.

Zabezpieczenia antykorozyjne

W konstrukcjach aluminiowych w miejscach trudno dostępnych, źle wietrzonych, istnieją sprzyjające warunki do powstawania korozji wżerowej, stanowiącej najbardziej rozpowszechniony typ korozji aluminium, która występuje jedynie w obecności elektrolitu - wody lub wilgoci, w której rozpuszczone są sole, najczęściej chlorki. Miejsca trudno dostępne należy więc szczególnie starannie zabezpieczyć. Aluminium zanurzone w wodzie może ulegać korozji pod powierzchnią wody. Jest to tak zwana korozja na granicy zanurzenia, występująca tylko na wodach stojących. Można jej zapobiegać przez pomalowanie powierzchni metalu po obu stronach linii wodnej.

Połączenia aluminium z innymi materiałami (stal, beton, drewno), w przypadku działania na nie wilgoci, wymagają stosowania izolacji zapobiegającej powstawaniu korozji kontaktowej. Należy izolować stykające się powierzchnie, jak również środki łączące. Materiały izolacyjne powinny wystawać minimum 2 mm

poza izolowane powierzchnie. Do izolacji można stosować materiały nie uszkadzające aluminium, takie jak: taśmy uszczelniające dwustronnie przyklepne, nasycone przekładki, pasty izolujące, gumę, powłoki malarskie na bazie chromianów cynku, bituminy bez fenoli i inne, zapewniające pełną nośność połączenia. Nie należy stosować farb zawierających związki miedzi i ołowiu, np. mini. Śruby stalowe należy cynkować lub kadmować.

Konstrukcje zespolone

W mniejszych jachtach aluminium wykorzystuje się do budowy kadłubów, a z drewna (sklejki) robi się pokłady i nadbudówki. W połączeniach takich, mocowanych na śruby, jako przekładkę stosuje się kleje do łączenia elementów aluminiowych. Istnieje duży asortyment takich klejów i materiałów uszczelniających dla przemysłu morskiego. Oprócz całej gamy klejów epoksydowych i poliesterowych, mogą to być np. kleje poliuretanowe.

Obróbka mechaniczna

Obróbka mechaniczna obejmuje: piaskowanie w strumieniu powietrza lub wody, szrotkowanie za pomocą tarczowych szrotek drucianych, szlifowanie i polerowanie jako czynności przed wybyszczaniem czy polerowaniem elektrolity-

cznym lub chemicznym. Wykańczające polerowanie mechaniczne wykonuje się tarczami sporządzonymi z flaneli lub bardzo delikatnej tkaniny bawełnianej. Czynnikiem polerującym jest pasta zawierająca drobnoziarnisty tlenek glinu i stearynę jako materiał wiążący.

Obróbka chemiczna

Celem tej obróbki jest usunięcie produktów korozji, smarów i innych zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni metalu.

Najczęściej stosowane jest odtłuszczanie w roztworach alkalicznych zawierających sole alkaliczne oraz odpowiednie inhibitory, chroniące powierzchnie metalu przed zbyt agresywnym działaniem alkaliów. Po obróbce w tych kąpielach często wymagane jest usunięcie drobnych wad powierzchniowych, przez krótkotrwałe trawienie w ługu sodowym. To samo można osiągnąć przez odtłuszczanie elektrolityczne, lecz wymaga to odpowiednich urządzeń.

Do obróbki wstępnej można również zaliczyć traktowanie powierzchni przedmiotów 25% kwasem azotowym, w temperaturze pokojowej przez 2 minuty. Trawienie można również prowadzić w kwasach lub ich mieszaninach, np. 4 części kwasu azotowego (54%) i 1 części kwasu fluorowodorowego (70%) w temperaturze pokojowej, czas

Grunt reagujący

Z jednej strony działa jako czynnik antykorozyjny nieorganiczny, a z drugiej jako warstewka organiczna stanowiąca podłoże pod następne warstwy wymalowania.

Typowy skład gruntu dwuskładnikowego:

- | | |
|--|----------------|
| - żywica poliwinylbutyralowa (Xy HL) | - 7,2% (wag.) |
| - zasadowy chromian cynku $ZnCrO_4 \cdot 4 Zn(OH)_2$ | - 6,9% (wag.) |
| - talk $Mg_3SiO_{11} \cdot H_2O$ | - 1,1% (wag.) |
| - izopropanol C_3H_7OH (99%) | - 48,7% (wag.) |
| - butanol C_4H_9-OH | - 16,1% (wag.) |

Rozcieńczalnik:

- | | |
|------------------------------------|----------------|
| - kwas ortofosforowy 85% H_3PO_4 | - 3,6% (wag.) |
| -woda | - 3,2% (wag.) |
| - izopropanol C_3H_7OH | - 13,2% (wag.) |

Na grunt reaktywny jako następne warstwy można nakładać prawie wszystkie materiały malarskie.

traktowania 1 minuta. Po trawieniu obrabiane powierzchnie należy starannie przemyć bieżącą wodą.

Powłoki malarskie

Odpowiednie przygotowanie powierzchni metalu gwarantuje należyłą przyczepność powłoki. Minimum to odtłuszczenie powierzchni w trójchloroetylenie i w kąpielach alkalicznych. Do nakładania powłok można używać pędzla, stosować metodę natryskową lub kąpiel. Wybór powłok malarskich odpornych w warunkach morskich stanowi szczególny problem z uwagi na hydrolizę NaCl w powłoce, prowadzącą do powstawania NaOH, która natychmiast atakuje aluminium. Duże elementy powinny mieć powłokę

gruntową zawierającą co najmniej 25% chromianu cynku. Jako powłoki zewnętrzne odpowiednie są modyfikowane żywice alkidowe. Sole miedzi i rtęci nie mogą w tym przypadku spełniać roli substancji przeciwporostowych, ponieważ osłabiają odporność aluminium na korozję. Rolę anty foulingów mogą spełniać związki organiczne. Właściwe farby podkładowe i nawierzchniowe do malowania aluminium można dobrać z katalogów fińskiej firmy TEKNOS i polskiej OLIV.

Ochrona katodowa

Ochrona katodowa polega na umieszczeniu płytek (anod, protektorów) cynkowych lub magnezowych w pobliżu materiału bardziej szlachet-

nego, np. śruby z brązu lub wału śrubowego ze stali nierdzewnej. W takim przypadku korozja będzie zachodzić między cynkiem (magnezem) a brązem lub stalą nierdzewną zamiast aluminium.

Najczęściej stosowane są anody cynkowe. Z czasem pokrywają się one produktami korozji, które silnie zmniejszają ich właściwości. Dlatego anody (protektory) cynkowe trzeba często czyścić lub wymieniać. Skuteczność działania anod zależy od właściwego ich kształtu i odpowiedniego rozmieszczenia. Ustawia się je w miejscach najbardziej narażonych na korozję, np. przy spoinach lub w miejscach styków dwóch różnych metali. Zasięg protektora w 3% roztworze NaCl (woda morska) może dochodzić do 6 m.

Przykład konstrukcji

Jako przykład zastosowania stopu aluminium do budowy kadłubów jachtów może posłużyć mały jacht do żeglugi pełnomorskiej BM-28 w wersji aluminiowej. Orientacyjny całkowity koszt samodzielnej budowy - 30 tys. zł (z takielunkiem bez żagli).

zład kadłuba - poprzeczno-wzdłużny system wiązań o rozstawie wręgów 693 mm. W konstrukcji kadłuba zastosowano typowe kształtowniki produkowane w kraju (wg. katalogu SAPA):

wręgi - kątownik 60x25x5, powstały w wyniku obcięcia (np. palnikiem plazmowym) krótszego ramienia z kątownika 60x40x5,

usztynnienia wzdłużne - płaskownik 60x5.

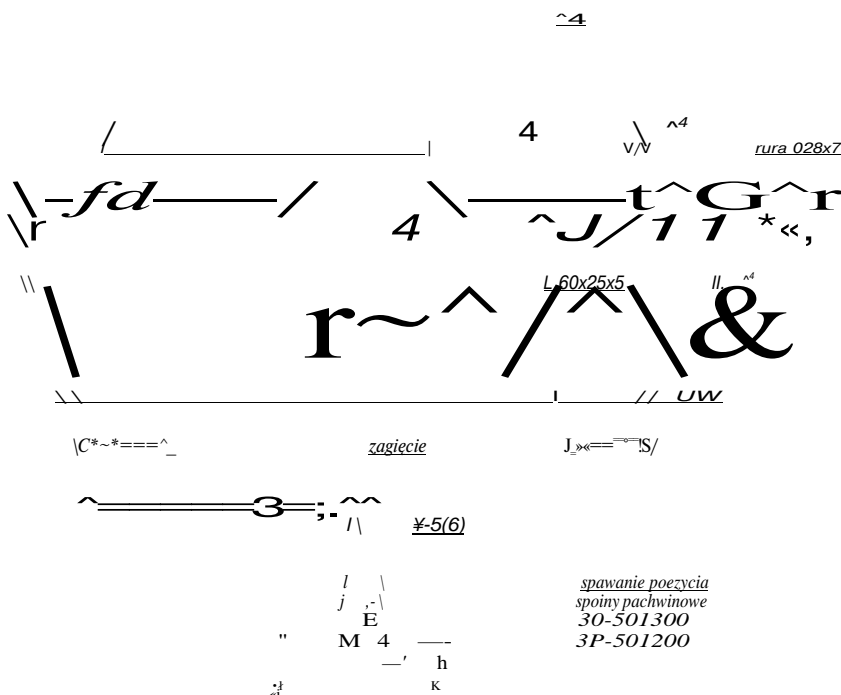
nadburcie - rury Ø 28x7 podparte odciwkami płaskownika 30x10 o długościach 60 mm w rozstawie 100 mm.

poszycie kadłuba - blacha Al Mg 4,5 Mn, grubość 4 mm

płetwa balastowa - blacha grubości 6 mm;

skieg - grubość 24 mm lub 2x12 mm.

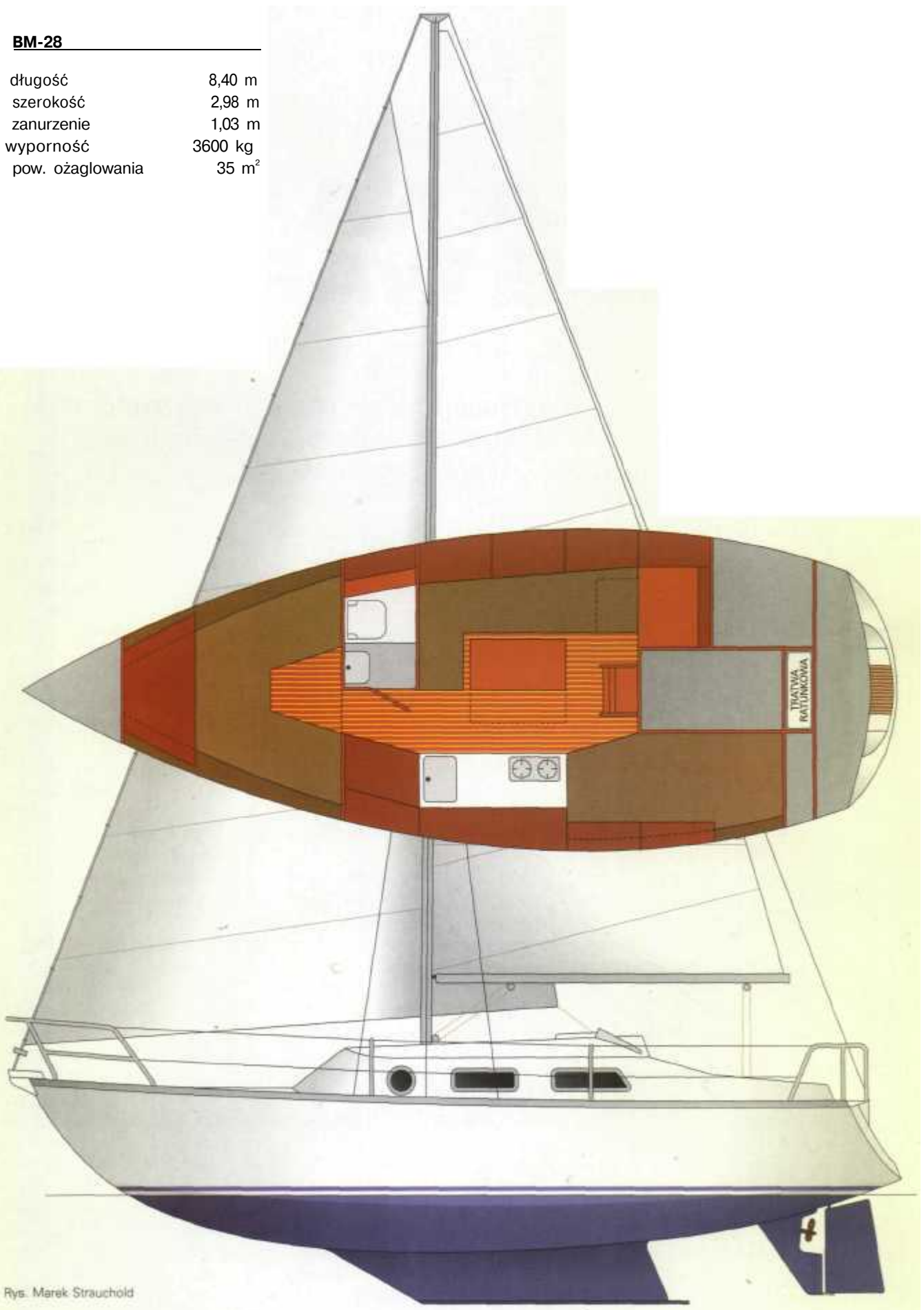
pokład i dach nadbudówki - blacha antypoślizgowa z jednostronnie odwalcowanym wzorem o wygładzie skórki pomarańczowej, grubość 4 mm.



Przekrój poprzeczny kadłuba jachtu BM-28 z zaznaczonymi wymiarami poszczególnych elementów konstrukcji

BM-28

długość	8,40 m
szerokość	2,98 m
zanurzenie	1,03 m
wyporność	3600 kg
pow. ożaglowania	35 m ²



Rys. Marek Strauchold