

Jacek JACHOWSKI¹, Maciej KACZMARCZYK²

¹ Akademia Morska
Wydział Nawigacyjny
Aleja Jana Pawła II 3, 81-345 Gdynia
jacekj@pg.gda.pl

² Politechnika Gdańska
Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa
Zakład Teorii i Projektowania Okrętów)
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
mmkaczmarczyk@go2.pl

POLIETYLENOWE JEDNOSTKI PŁYWAJĄCE W TRANSPORCIE ŚRÓDLĄDOWYM

Streszczenie:

Polietylen, wykorzystywany dotychczas w przemyśle spożywczym, w budowie rurociągów wodnych i gazowych, czy nawet jako części maszyn, okazuje się materiałem o dużo większych możliwościach zastosowania. Jedną z możliwości to budowa małych i średnich jednostek pływających – w Polsce, w tej dziedzinie, materiał zupełnie nieznany i niestosowany.

Słowa kluczowe: polietylen, małe jednostki pływające, transport śródlądowy

1. POLIETYLEN

Polietylen to tworzywo o bardzo wysokim stopniu spolimeryzowania, odporne na działanie kwasów, zasad, soli i większości związków chemicznych i organicznych. Jego właściwości techniczne zapewniają mu szerokie zastosowanie w przemyśle, budowie maszyn i, jak się okazuje, również w okrętownictwie. Polietylen wyróżnia się bardzo dobrymi właściwościami ślizgowymi jednocześnie zachowując bardzo wysoką odporność na ścieranie oraz cięcie (np. nożem). Śliska powierzchnia polietylenu eliminuje problem przymarzania, czy przyklejania się do niej innych elementów. Odporny na warunki atmosferyczne nie wymaga konserwacji, a odporność na korozję gwarantuje długi czas użytkowania wykonanych z niego elementów. Dodatkowo materiał nie chłonie wilgoci, co gwarantuje niezmiennie wymiary i właściwości podczas pracy w środowisku o dużej wilgotności. A ciężar właściwy mieszczący się w granicach od 910 kg/m³ dla polietylenu o małej gęstości (oznaczanego PE-LD) do 980 kg/m³ dla polietylenu o dużej gęstości (PE-HD) zapewnia mu pływalność. Materiał nadaje się również do recyklingu.

2. JEDNOSTKI Z PE

Stosowanie polietylenu, jako materiału służącego do produkcji jednostek pływających stawia podstawowe pytania:

- jakiego typu jednostki budować?
- jakie jest ich przeznaczenie?
- jakie są maksymalne wymiary takich jednostek?

W zależności od przeznaczenia istnieje możliwość wykonania jednostek zarówno jedno-, jak i wielokadłubowych.

Jednostki jednokadłubowe

Podstawowym założeniem w pierwszych projektach jednostek wykonanych w całości z PE było stworzenie praktycznej łodzi roboczej. Chodziło przede wszystkim o to, aby oprócz funkcjonalności jednostka wymagała jak najmniejszego wkładu pracy w konserwację. Zastosowanie polietylenu znacznie podniosło wytrzymałość kadłuba oraz nadbudówek na wszelkiego rodzaju uszkodzenia mechaniczne, czy wpływ warunków atmosferycznych.

Dwa pierwsze projekty, to łodzie robocze typu R.I.B. Pierwsza z nich o długości 4m (rys. 1) i druga o długości 11m (rys. 2). W obu przypadkach, według założeń, miały one być alternatywą dla powszechnie stosowanych jednostek wykorzystujących dmuchane pływaki. Ten, wydawałoby się błahy, szczegół jest istotnym elementem często bardzo utrudniającym eksploatację. Z wielu rozmów przeprowadzonych z użytkownikami takich łodzi wynika, iż problemy z utrzymaniem odpowiedniego ciśnienia wewnątrz poszczególnych komór pływaka oraz jego słaba odporność na ścieranie i przebicia skutecznie utrudniają, bądź czasami nawet uniemożliwiają eksploatację. Zmiana materiału na polietylen całkowicie zlikwidowała problem ciśnienia wewnątrz pływaka jednocześnie wielokrotnie podnosząc jego wytrzymałość na uszkodzenia mechaniczne, czy chemiczne.

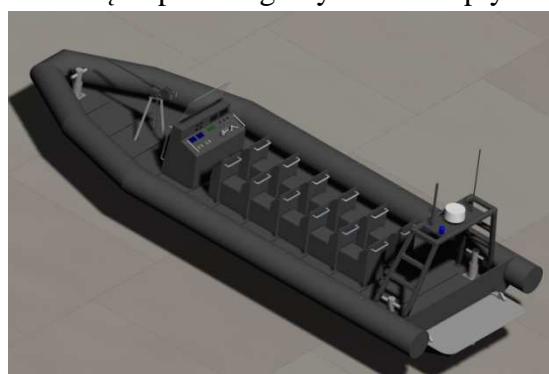
Z innych możliwych zastosowań warto wymienić jednostki operacyjne dla Policji Wodnej, Oddziałów Antyterrorystycznych, Straży Pożarnej, czy jednostek specjalnych typu GROM, czy FORMOZA. Nie należy również zapominać o całej gamie jednostek rekreacyjnych, jak motorówki, małe i średnie łodzie wędkarskie, a nawet duże kutry rybackie, czy taksówki wodne np. do zwiedzania Gdańska od strony wodnej.

Jednostki wielokadłubowe

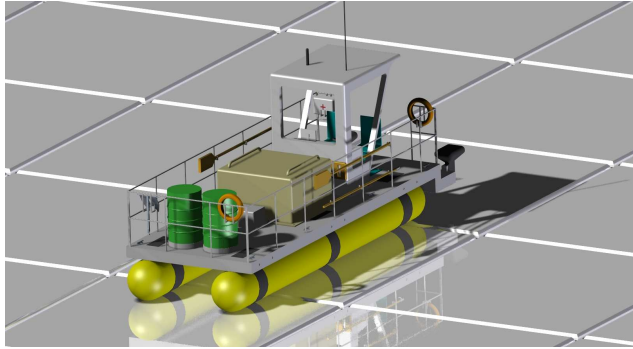
Również w przypadku jednostek dwu- i więcej kadłubowych polietylen nie stanowi żadnego problemu. Równoległe z tworzeniem jednostek zastępczych dla uciążliwych w eksploatacji jednostek dmuchanych powstał projekt katamaranu. Są to projekty koncepcyjne obejmujące dwie jednostki: katamaran służący do rekultywacji den jezior (rys. 3) oraz katamaran do obsługi ekip nurkowych – w tym przypadku przeznaczony dla Straży Pożarnej (rys. 4). Pogarszający się stan wód, tragiczne wypadki, jak zatonięcia jachtów i ludzi na jeziorach, czy coraz częstsze powodzie potwierdzają tylko potrzebę budowy takich jednostek.



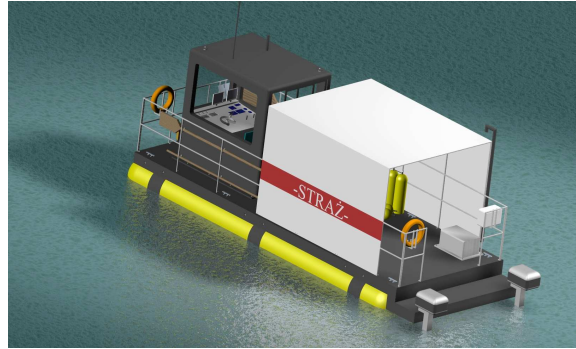
Rys. 1: Projekt jednostki w całości wykonanej z polietylenu (WORKER – długość 4m).



Rys. 2: Projekt jednostki w całości wykonanej z polietylenu (WORKER AT – długość 11m).



Rys. 3: Katamaran do rekultywacji den jezior.



Rys. 4: Katamaran do obsługi ekip nurkowych.

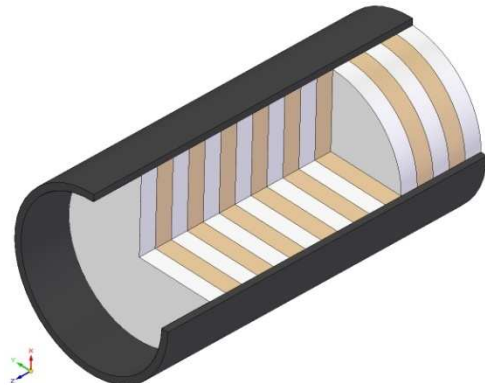
I tym razem polietylen, ze względu na swoje właściwości, wydaje się materiałem idealnym. Materiałem pozwalającym na eksploatację jednostki bez konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów związanych z konserwacją, czy ewentualną naprawą samego kadłuba.

Inne zastosowania

Istnieją również inne możliwości zastosowania tego materiału takie jak: barki do transportu rzeczno, pływające pomosty, czy (po odpowiednim przygotowaniu) budowa jednostki trudno zatapialnej.

Pierwsze przeprowadzone testy szczelności i pływalności zakończyły się wynikiem pozytywnym. Przestrzeń pływaka wypełniona została plastrami pianki polipropylenowej (rys.5), a następnie całość wielokrotnie przestrelano. Wykorzystano przy tym m. taką broń i amunicję jak strzelba samopowtarzalna Saiga 12K z pociskiem Breneka W 8 MP (rys. 6), pistolet Glock 19 z amunicją 9x19mm Parabellum (pociski przeszły na wylot), czy karabin kalibru 308 WINCHESTER z amunicją 7.62x51mm NATO FMJ (na wylot).

Takie rozwiązanie sprawia, że jednostka tego typu staje się niemalże niezatapialna i do zniszczenia nie wystarczy zwykłe przestrelanie / przedziurawienie – nawet kilkadziesiąt pocisków wystrzelonych z karabinu maszynowego nie jest w stanie zatopić tak skonstruowanej łódki. Uszkodzone dno i pokład, same w sobie, utracą dodatnią pływalność, jednak zapas wyporności pływaków jest tak duży, że jednostka nawet po zalaniu całego dna nie zatoni i będzie można ją odholować do brzegu. Następnie wystarczy łódkę wyjąć z wody, pozbyć się wody z dna, wysuszyć pływaki, zaspawać otwory po kulach i jednostka może wrócić do służby – nie będzie to miało wpływu na jej późniejszą eksploatację (poza estetykę). Dodatkowo podobne rozwiązanie, czyli wypełnienie pianką PP, zastosować można w przypadku samego dna, co jeszcze zwiększy odporność jednostki na tego typu uszkodzenia. Co w przypadku budowy np. barki transportującej materiały niebezpieczne wyraźnie podniesie poziom bezpieczeństwa jednostki.



Rys. 5: Pływak w przekroju. Widoczne plastry pianki z PP.

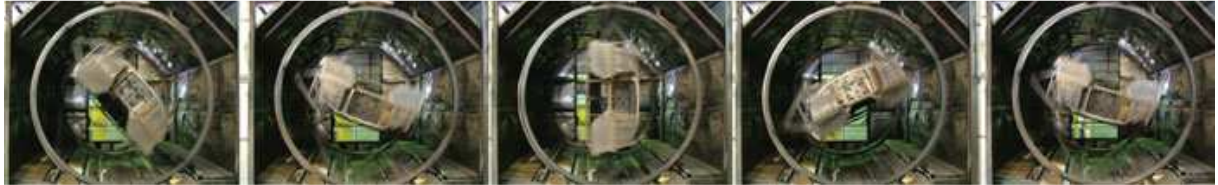


Rys. 6: Próby strzeleckie pływaków wypełnionych pianką PP.

3. TECHNOLOGIA BUDOWY

Metoda wtryskowo-obrotowa

Istnieją dwie metody budowy łodzi / jednostek z PE. Pierwsza to metoda obrotowo-wtryskowa, gdzie PE podaje się w formie granulatu, podgrzewa do odpowiedniej temperatury (w zależności od rodzaju polietylenu temperatura waha się w przedziale od 355 dla PE małej gęstości do około 400 stopni Celsjusza dla PE dużej gęstości), a następnie wtryskuje do obracającej się formy (rys.7). Metoda ta zapewnia wyrób o wysokiej jakości i jest metodą zdecydowanie szybszą niż budowa jednostki z prefabrykatów.



Rys. 7: Metoda obrotowo-wtryskowa.

Metoda budowy z prefabrykatów

Metoda budowy jednostki z prefabrykatów (takie rozwiązanie zastosowano przy budowie jednostki prototypowej) zakłada wykorzystanie gotowych elementów. Polietylen standardowo występuje w trzech formach: jako granulata, w postaci płyt i rur. Łączenie elementów odbywa się na zasadzie zgrzewania na maszynie (rys. 8 i 9) lub spawania specjalnym urządzeniem zwanym ekstruderem (rys. 10).

Zgrzewanie rur

Do zgrzewania rur służy specjalna maszyna (rys.8) umożliwiająca łączenie ich na wprost lub pod kątem. Dwa kawałki rury umieszcza się w specjalnych zaciskach, pomiędzy nie wkłada płytę grzewczą (rozgrzewającą materiał do 210 stopni C). Po rozgrzaniu końców obu rur wyciąga się płytę i ściska ze sobą obie części. Siła docisku uzależniona jest od grubości ścianki rury, a czas potrzebny na powstanie trwałego połączenia to około 20 sekund. Jednak w praktyce najczęściej czas docisku uzależnia się od szybkości powstawania tzw. wypłytki. Powinna mieć około 5 mm wysokości i moment jej stwardnienia oznacza uzyskanie połączenia. Potem należy jeszcze odstawić element do całkowitego wystygnięcia.

Zgrzewanie płyt

Zgrzewanie płyt odbywa się na tej samej zasadzie co zgrzewanie rur. Przeznaczona do tego maszyna (rys. 9) ma oczywiście inną budowę, ale zasada działania jest identyczna.

Spawanie ekstruderem

Do wykonania bardziej skomplikowanych połączeń wykorzystywany jest tzw. ekstruder (rys. 10). To przypominające budowę wiertarkę urządzenie zakończone jest specjalną kostką (biały element widoczny na zdjęciu).



Rys. 8: Zgrzewarka doczołowa do rur.



Rys. 9: Zgrzewarka doczołowa do płyt.



Rys. 10: Ekstruder.

Ma ona za zadanie formowanie nagrzanego polietylenu oraz decyduje o szerokości spoiny. Przed rozpoczęciem spawania należy dokładnie oczyścić miejsce łączenia. Następnie nagrzewa się materiał spawany (tak długo aż gołym okiem widać będzie jak zaczyna robić się miękki – temperatura materiału waha się w granicach 210-220 stopni C). Kolejnym krokiem jest przyłożenie końcówki ekstrudera, dociśnięcie go do spawanych elementów i zwolnienie spustu. Do urządzenia dostarczany jest drut spawalniczy (dobry odpowiednio do spawanego rodzaju PE). Drut wciągany jest automatycznie – jego prędkość można regulować – następnie roztopiony i wyciskany przez końcówkę. Wychodząc i będąc dociskany przez „kostkę” wciskany jest pomiędzy spawane elementy i formowany w spoinę wyglądem przypominającą spoinę stalową. Spawanie odbywa się w temperaturze 270-280 stopni C.

Do budowy prototypu pierwszej w Polsce jednostki wykonanej w całości z polietylenu wykorzystano właśnie metodę budowy z gotowych elementów. Rysunek 11 przedstawia jednostkę „WORKER” w fazie produkcji – do jej budowy wykorzystano *wszystkie* trzy przedstawione powyżej sposoby.



Rys. 11: WORKER w fazie budowy.

4. TESTY PROTOTYPU

Niespełna pół roku po rozpoczęciu prac nad pierwszą jednostką (przedstawioną pod nazwą roboczą WORKER) powstał pierwszy prototyp (rys.12). Jest to łódka typu R.I.B. o długości 4 m, szerokości 1.75 m i zanurzeniu 0.3 m z silnikiem przyczepnym, sterowanym rumplem. Pomimo niskiego budżetu jednostka pozwoliła na zaprezentowanie zalet materiału. Po zamontowaniu 25 konnego, czterosuwowego silnika, w czasie testów wykazała się dużą zwrotnością, stabilnością i trzymała kurs. Gorzej wypadł test prędkości, ale zważywszy na to, że jednostki z PE mają większą wagę niż ich odpowiedniki z laminatu i gumy, po zoptymalizowaniu konstrukcji i zmniejszeniu wagi prognozy na przyszłość są optymistyczne. Przybijanie do betonowego nabrzeża nie stanowiło problemu i w żaden sposób nie uszkodziło łódki. Również wielokrotne ciągnięcie po betonowym podłożu nie spowodowało żadnych znaczących uszkodzeń mechanicznych. Co więcej, gdyby w budowie zastosować



Rys. 12: Jednostka prototypowa WORKER.



Rysunek 13: WORKER podczas testów.

tzw. polietylen sieciowany, to odporność na ścieranie jeszcze by wzrosła.

5. PODSUMOWANIE

Pomimo, iż zastosowanie polietylenu do budowy jednostek pływających wymaga jeszcze wielu badań i prób jest on bezsprzecznie jednym z najlepszych dostępnych obecnie materiałów. Zapewnia trwałość jednostki, cechuje się bardzo dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi, nie jest podatny na większość związków chemicznych i organicznych, nie koroduje. Właściwie nie reaguje na warunki atmosferyczne (jednostka może stać w ostrym słońcu i wysokiej temperaturze, może też np. zamarznąć razem z jeziorem i nie będzie to miało żadnego wpływu na kadłub i inne elementy wykonane z PE). Sam materiał, w przeciwieństwie do stali, czy laminatów, nadaje się do recyklingu, co czyni go przyjaznym środowisku naturalnemu. Jedynym minusem wydawać się może brak przezroczystej postaci, co wyklucza możliwość zrobienia z niego szyb, owiewek i innych przezświetlających elementów. Dodatkowo jednostki do zadań specjalnych są właściwie niezatapialne i nawet przy poważnym uszkodzeniu mechanicznym zachowują swoją pływalność.

24 października 2007 roku zdobyła medal (rys.14) na gdańskich targach „Technicon Innowacje 2007” w kategorii „Mechanika i inżynieria ogólna” za „Polietylen jako tworzywo do budowy jednostek pływających z wykorzystaniem gotowych elementów”.



Rysunek 14: Medal Technicon Innowacje 2007.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Materiały własne autora
- [2] „Materiały inżynierskie 1” Michael F. Ashby, David R. H. Jones – Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 1996, s.65
- [3] „Materiały inżynierskie 2” Michael F. Ashby, David R. H. Jones – Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 1996, s.266-289, 290-309, 310-319
- [4] <http://www.profilex.com/>
- [5] <http://www.polycraft.com.au/>

POLYETHYLENE AS A SMALL VESSEL'S BUILDING MATERIAL

Abstract:

The most common use of polyethylene we can notice nowadays are areas like water supply systems, gas industry (esp. gas piping), food industry, small-scale, light and consumer goods industries. But that material has far more applications. One of them is shipbuilding – especially small inland or offshore vessels.

Key words: polyethylene, workboat, inland transport