Lesław Kyzioł
Akademia Morska w Gdyni

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA TWORZYW KOMPOZYTOWYCH DO WAŁÓW OKRĘTOWYCH

W artykule przedstawiono zasady dobierania materiałów kompozytowych na wały napędowe jednostek pływających. Zaprezentowano możliwości i metody budowy kadłubów jednostek pływających oraz dokonano przeglądu wybranych jednostek budowanych z kompozytów w państwach NATO. Wał napędowy jest konstrukcją podlegającą złożonemu stanowi obciążenia, dlatego należy bardzo dokładnie przeanalizować stan obciążenia. Opisano technologię wykonywania wałów napędowych w Japonii na podstawie doświadczalnej jednostki pływającej wykonanej w skali 1:10. Przeprowadzone testy wykazały, że materiały kompozytowe spełniają wymogi stawiane materiałom na wały napędowe jednostek pływających. W Polsce są odpowiednie warunki, aby podjąć zagadnienie związane z budową wałów napędowych na bazie materiałów kompozytowych.

***Słowa kluczowe**: wał pośredni, materiały kompozytowe, właściwości mechaniczne i technologiczne kompozytów.*

WSTĘP

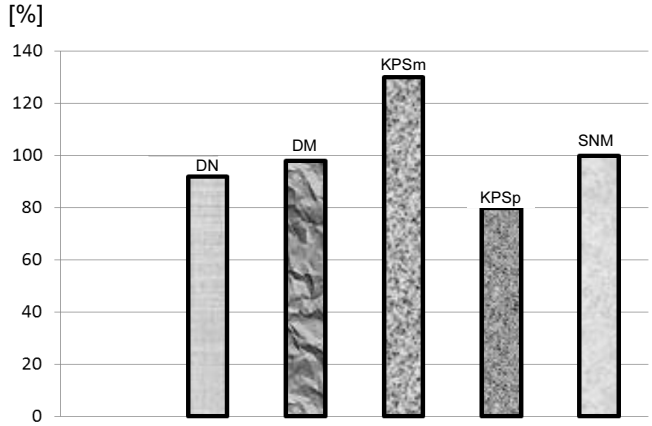
Niektóre jednostki pływające, takie jak okręty przeciwminowe, muszą mieć zarówno czynną, jak i bierną obronę przed minami. Takie założenia wymagają przyjęcia odpowiedniego projektu, a tym samym poniesienia konkretnych kosztów, tak aby dobrać właściwe materiały na kadłuby i inne elementy okrętu, które byłyby niewrażliwe na miny [16].

Aby jednostka pływającą była w pełni niemagnetyczna, wszystkie jej podzespoły, a więc kadłub, nadbudówki, układ napędowy, muszą być wykonane z materiałów amagnetycznych, takich jak: stale niemagnetyczne (SN), kompozyty poliestrowo-szklane (KPS) czy też drewno konstrukcyjne. Materiały te, mające wspólną właściwość: amagnetyczność, wykazują m.in. różne właściwości wytrzymałościowe, różny ciężar właściwy, różny sposób ich wytwarzania, różny sposób wykonywania poszczególnych elementów, jak również różne koszty utrzymania, remontu itp. Duże doświadczenie i wiedza niekiedy decydują o wyborze materiału, chociaż rachunek ekonomiczny wskazuje inaczej. Szczególnie dotyczy to jednostek pływających Marynarki Wojennej. Na przykład Francja posiada bogate doświadczenia w budowie jednostek amagnetycznych z kompozytów, natomiast Niemcy stosują na podobne jednostki stale austenityczne amagnetyczne. Przy wyborze materiału na amagnetyczną jednostkę pływającą należy rozważyć również operacyjny rejon działania, klimat, zasolenie wód [11, 15].

Zasadniczym celem pracy było dokonanie analizy zastosowania materiałów kompozytowych do budowy wałów napędowych układu napędowego jednostek pływających. Budowane w Polsce jednostki przeciwminowe posiadają kadłub i nadbudówki wykonane z kompozytów poliestrowo-szklanych, natomiast wały napędowe ze stali amagnetycznej, austenitycznej. Dlatego należy podjąć badania dotyczące wykorzystania materiałów kompozytowych do budowy wałów napędowych nie tylko jednostek specjalnych, ale również statków handlowych.

1. MATERIAŁY STOSOWANE NA KADŁUBY JEDNOSTEK SPECJALNYCH

Stale amagnetyczne oraz kompozyty mają swoje trwałe miejsce w budowie jednostek specjalnych, jachtów, łodzi itp. Niektóre gatunki drewna, takie jak daglezja, mahoń, są wykorzystywane w postaci naturalnej do budowy bardzo drogich jachtów, łodzi. Drogich, ponieważ drewno tych gatunków jest importowane, a stosuje się je do budowy jednostek z powodu dużych właściwości mechanicznych, reologicznych i innych. Dlatego aby użyć do budowy wspomnianych wyżej jednostek gatunków drzew o małych właściwościach, takich jak topola czy sosna, należy poddać je modyfikacji. W wyniku modyfikacji uzyskuje się kompozyt drewno-polimer charakteryzujący się znacznie większymi właściwościami od materiału naturalnego [4, 7, 9, 10]. Znaczne powiększenie właściwości fizyczno-mechanicznych oraz mały ciężar właściwy sprawiają, że materiał ten obok kompozytów sztucznych oraz stali może zostać w pełni wykorzystany w przemyśle okrętowym. Na rysunku 1 porównano masy kadłubów amagnetycznych jednostek pływających z różnych materiałów.

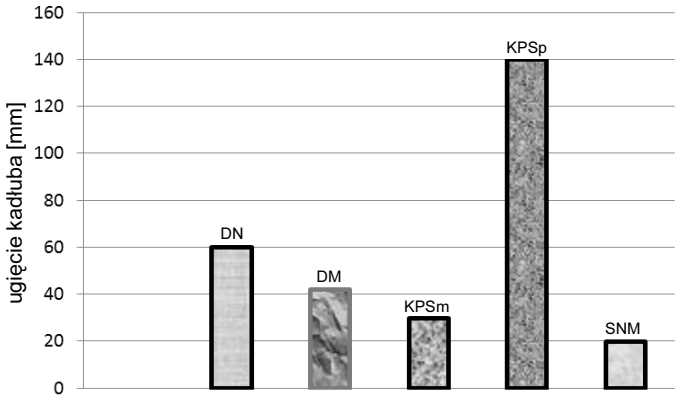


Rys. 1. Masy kadłubów amagnetycznych okrętów przeciwminowych: DN – drewno naturalne, DM – drewno modyfikowane, KPSm – konstrukcja masywna z KPS, KPSn – konstrukcja przekładkowa z KPS, SNM – stal niemagnetyczna [7, 11, 15]

Fig. 1. *The mass of non-magnetic hulls the minecountermeasure vessels (MCMV): DN – natural wood, DM – modified wood, KPSm – massive construction z KPS, KPSn – sandwich construction KP, SNM – non-magnetic steel [7, 11, 15]*

Innym bardzo ważnym parametrem charakteryzującym przydatność materiału na kadłuby jednostek pływających są maksymalne ugięcia podobnych kadłubów statków z różnych tworzyw (rys. 2). Ugięcia kadłuba z drewna są ponad dwukrotnie większe niż kadłuba ze stali. Wymaga to stosowania specjalnych środków uelastyczniających linię wałów oraz usztywniających płaszczyzny bazowe armat i urządzeń kontroli strzelania.

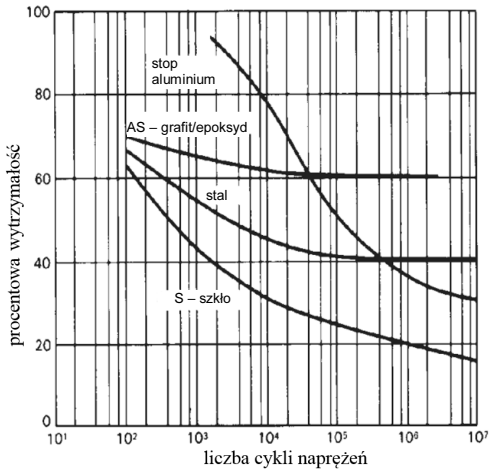
Istotną właściwością materiałów na konstrukcje okrętowe jest ich wytrzymałość zmęczeniowa. Istnieje wiele różnych teorii wykorzystywanych do opisu trwałości zmęczeniowej materiałów kompozytowych. Ze względu na szeroki zakres ich zastosowania szczególnie w budownictwie okrętowym badania zmęczeniowe kompozytów w doświadczalnym programie testowym są najlepszą metodą określania ich właściwości zmęczeniowej. Badania wykazały, że materiały kompozytowe mogą przejawiać większe właściwości zmęczeniowe od metalicznych [2].



Rys. 2. Ugięcie porównywalnych kadłubów jednostek amagnetycznych [7, 11, 15]

***Fig. 2**. Deflection of the non-magnetic hulls of minecountermeasure vessels [7, 11, 15]*

Na rysunku 3 przedstawiono procentową wytrzymałość zmęczeniową kilku metali i kompozytów konstrukcyjnych.



Rys. 3. Porównanie wytrzymałości zmęczeniowej materiałów: grafit/żywica epoksydowa, stal, włókno szklane/żywica epoksydowa i stop aluminium [2]

***Fig. 3**. Comparison of fatigue strengths of graphite/epoxy, steel, fiberglass/epoxy and aluminum [2]*

2. PRZYKŁADY KADŁUBÓW JEDNOSTEK Z KOMPOZYTÓW POLIESTROWO-SZKLANYCH

Pierwsze jednostki na bazie tworzyw sztucznych zbudowano w latach 1966–69 [3]. W Polsce technologię z kompozytów poliestrowo-szklanych opracowano i wdrożono do budowy w latach 70. Polskie amagnetyczne okręty były jednymi z pierwszych w świecie jednostkami przeciwminowymi zbudowanymi z tworzyw sztucznych (rys. 4) [3].

Rys. 4. Polski amagnetyczny okręt przeciwminowy [19]

Fig. 4. *Polish non-magnetic minecountermeasure vessels [19]*

W roku 1973 do służby wszedł brytyjski trałowiec doświadczalny HMS „Wilton", który był pierwszym okrętem małomagnetycznym o kadłubie zbudowanym z laminatów poliestrowo-szklanych. Kilka lat później wzorem Wielkiej Brytanii podążyły Belgia, Francja i Holandia oraz Włochy [18].

Rys. 5. Francuski „Céphée" typu tripartite amagnetyczny okręt przeciwminowy [18]

Fig. 5. *French "Céphée" type Tripartite non-magnetic minecountermeasure vessels mine sweeper [18]*

Na rysunku 5 przedstawiono francuski amagnetyczny okręt przeciwminowy. Kompozyty poliestrowo-szklane są najszerzej stosowanym materiałem w budowie okrętów przeciwminowych [3, 8, 13, 16, 17]. Kadłuby tych okrętów mogą mieć konstrukcję masywną lub przekładkową. Przykładem konstrukcji masywnej są okręty „Hunt" i „Eridan" będące w służbie Royal Navy, jak również katamarany przeciwminowe eksploatowane w Royal Australian Navy [1, 15]. Przykładem okrętu do poszukiwania min o konstrukcji masywnej z KPS, która nie ma systemu usztywnień wręgowych, jest okręt włoski [11]. Natomiast przykład konstrukcji przekładkowej z KPS stanowi zbudowany w Bundesmarine okręt szybkiego ataku [11]. Podobnie trałowiec „Viksten" [17] oraz trałowce klasy „M80" [1] marynarki szwedzkiej zbudowano w konstrukcji przekładkowej. Wytrzymałość KPS zależy od rodzaju żywicy, udziału i rodzaju użytego zbrojenia szklanego, procesu produkcji i kierunku obciążenia. Chociaż KPS jest odporny na korozję, to wymaga uszczelnienia w celu zapobieżenia wchłaniania wody [15].

3. WSPÓŁPRACA KADŁUBA Z LINIĄ WAŁÓW OKRĘTOWYCH

Ugięcie podobnych wielkości kadłubów jednostek pływających wykonanych z kompozytów polimerowych jest dwukrotnie większe w stosunku do kadłubów stalowych. Wynika to ze sztywności kadłubów, a przede wszystkim wielkości modułu Younga, który jest 6–16-krotnie mniejszy dla kompozytu E_k w stosunku do stali E_s, podobne są relacje wartości modułów odkształcenia postaciowego G [5].

Kadłub okrętu wraz z linią wałów ułożoną na łożyskach z zespołem sprzęgieł, przegubów oraz z łożyskami wspornikowymi i przekładnią tworzy pewną zwartą całość podatną na różne nieprzewidziane negatywne skutki. Zmienne i ekstremalne warunki eksploatacyjne jednostek pływających powodują ogólne i miejscowe ugięcia kadłuba, wywołujące naprężenia w linii wałów. W pracy [6] przedstawiono wzór opisujący zależność naprężenia w kadłubie i linii wałów:

$$\sigma_w = \frac{E_w}{E_k} \cdot \frac{d}{2 \cdot e} \cdot \sigma_k , \tag{1}$$

gdzie:

σ_w – naprężenia gnące w wale,
$\frac{E_w}{E_k}$ – stosunek sprężystości materiałów wału i kadłuba,
d – średnica wału,
e – odległość osi obojętnej od występujących naprężeń,
σ_k – maksymalne wartości naprężeń w kadłubie okrętu.

W przypadku kadłuba stalowego zależność (1) przybiera postać:

$$\sigma_w = \frac{d}{2 \cdot e} \cdot \sigma_k . \tag{2}$$

Gdy przyjmie się, że wartość modułu Younga kadłuba z kompozytu jest 10–12 razy mniejsza od modułu stali, wówczas zależność (1) można zapisać:

$$\sigma_w = (10-12)\cdot\frac{d}{2\cdot e}\cdot\sigma_k\,. \tag{3}$$

Na podstawie tych zależności należy wnioskować, że naprężenia w linii wałów w kadłubie kompozytowym będą zdecydowanie większe w porównaniu do kadłuba stalowego.

W celu wyeliminowania takiego stanu rzeczy należy [5]:

1) przesztywnić konstrukcję kadłuba z kompozytu, aby zniwelować zbytnie odkształcenia w czasie eksploatacji;
2) usytuować siłownię w części rufowej kadłuba w celu skrócenia długości linii wałów, przez co obniży się wartości naprężeń niebezpiecznych;
3) wykonać linie wałów z kompozytów.

Zagadnienia układu–kadłub linia wałów okrętowych sprowadza się do zastosowania materiałów na linie wałów okrętowych o wartościach modułów sprężystości niższych od materiału kadłuba. Daje to możliwości zastosowania na linie wałów okrętowych kompozytów lub stali. Na trałowcach polskich, których kadłuby wykonano z kompozytów poliestrowo-szklanych, na linie wałów użyto stali austenitycznych. Tak dokonana analiza wskazuje na realne możliwości wykorzystania kompozytów polimerowych na linie wałów okrętowych.

4. WYMAGANIA STAWIANE MATERIAŁOM KOMPOZYTOWYM NA WAŁY UKŁADU NAPĘDOWEGO

Za zastosowaniem kompozytów na bazie włókien wzmocnionych na wały linii wałów okrętowych przemawiają [5]:

- duża trwałość korozyjna;
- mała masa;
- duża trwałość zmęczeniowo-korozyjna;
- podatność gięta, prawie eliminująca problemy związane z prostoliniowym ułożeniem;
- zdolność tłumienia drgań;
- odporność na wstrząsy;
- wolniejsze zużycie łożysk ze względu na niższy ciężar wału.

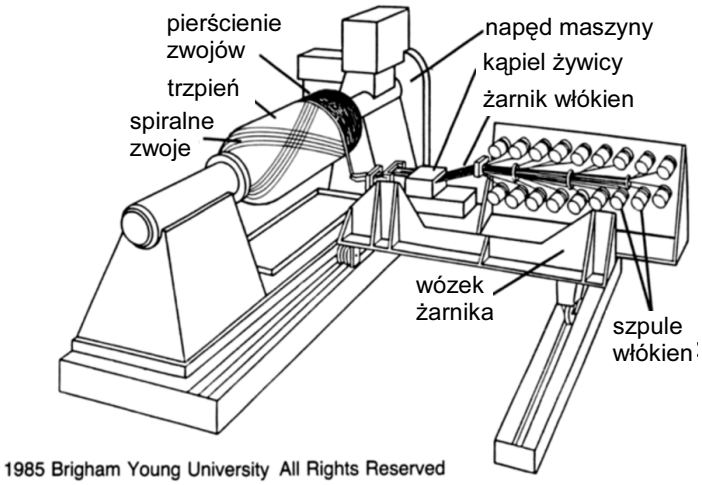
Porównując wyniki obliczeń wałów stalowych i kompozytowych, uzyskano dodatnie wartości na korzyść kompozytów [5]:

- średnica wału może być mniejsza o 10%;
- masa wału może zostać obniżona o 80%, nie licząc sprzęgieł;
- obniżenie kosztów wału o mniej więcej 50% dla mocy powyżej 25 000 kW, 75% przy mocach rzędu tysięcy kW.

5. STAN WIEDZY DOTYCZĄCY TECHNOLOGII WYKONANIA I MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH STOSOWANYCH NA WAŁY NAPĘDOWE STATKÓW

W Japonii przeprowadzono specjalny program dotyczący analizy możliwości zastosowania tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem (*fiber reinforced plastic* – FRP) na wał pośredni linii wałów [12]. W pierwszej kolejności eksperymentalnie określono właściwości mechaniczne na rurkach z tworzyw wzmocnionych włóknem FRP wykonanych w różnej skali. W tym celu typowy wał ze stali zastąpiono wałem z włókien węglowych i przeprowadzono testy próbne mające na celu określenie naprężeń skrętnych i drgań kadłuba. Pośredni wał napędowy został wykonany z CFRT dla tankowca o wyporności 80 000 DWT w celu sprawdzenia jego praktycznego wykorzystania w warunkach morskich. Ponadto zastosowano sprzęgło elastyczne podobnie jak do napędu wałów stalowych. Zaawansowane materiały kompozytowe użyte do budowy wału pośredniego wykazały duże właściwości wytrzymałościowe i wysoki moduł sprężystości w porównaniu do konwencjonalnych materiałów metalicznych, jak również dużą sztywność, wytrzymałość na skręcanie, wytrzymałość na ściskanie itp. Właściwości te można uzyskiwać w sposób kontrolowany poprzez odpowiednią orientację ułożenia włókien na wale [12].

Tworzywa sztuczne wzmocnione włóknem (FRP) wytwarzane są metodą nawijania różnych włókien, przy tym bierze się pod uwagę wymiary, kształt, właściwości mechaniczne, jak również koszty wytworzenia odpowiedniego produktu. Technologię wykonania wału z włókien syntetycznych przedstawiono na rysunku 6 [14].

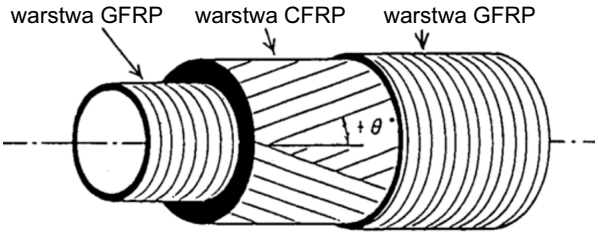


Rys. 6. Sposób nawijania włókien [14]

***Fig. 6**. Filament winding [14]*

Wykonanie wału z włókien syntetycznych jest dość proste. Polega na odpowiednim pleceniu włókien, podobnie jak to przebiega z przędzą. Bardzo ważna jest kolejność i sposób ułożenia włókien. Aby taki proces przebiegł właściwie, utworzono w tym celu odpowiednie stanowisko.

Rodzajami włókien wzmocnionych (FRP) są włókna węglowe (CFRP), szklane (GFK) oraz aramidowe (AFRP). Ich sposób i kolejność ułożenia zapewniają odpowiednie właściwości [12]. Na rysunku 7 przedstawiono sposób i kolejność ułożenia włókien wału napędowego. Kształtowanie wyrobów mających wykazać się odpowiednimi właściwościami fizycznymi i mechanicznymi można uzyskać poprzez właściwe wzmocnienie włókien kompozytowych i sposób ich ułożenia (rodzaj włókna, liczba laminacji, kąt orientacji włókien itp.).



Rys. 7. Laminowana struktura z FRP [12]
Fig. 7. *Lamination structure of FRP [12]*

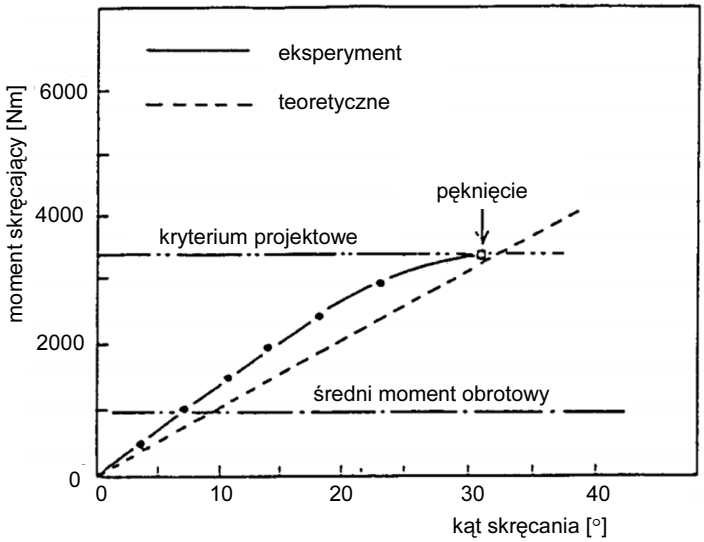
Wał pośredni podlega skręcaniu podczas przekazywania momentu obrotowego, ściskaniu i rozciąganiu siłami działającymi w kierunku osiowym oraz obciążeniom gnącym.

Wzrost właściwości wytrzymałościowych wału uzyskano w wyniku odpowiedniego laminowania warstw włókien wzmacniających oraz ich orientacji (czyli odpowiedni kąt dla każdego rodzaju włókna), co pozwoliło na najskuteczniejsze dla danych warunków obciążenia uzyskanie właściwej struktury laminowanego tworzywa.

Zasadniczo warstwa włókien węglowych (CFRP) przejmuje obciążenie wału pośredniego, dlatego wartość kąta θ, jaki tworzą ułożone włókna węglowe do osiowego kierunku wału pośredniego (kąt orientacji włókien), jest bardzo istotna.

Sztywność skrętna osiąga wartości maksymalne dla $\theta = \pm 45°$. Wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie w kierunku osiowym oraz sztywność na zginanie osiąga maksimum gdy $\theta = 0°$, i ze wzrostem kąta powyższe wartości się zmniejszają. Dlatego orientację kąta określono tak, aby móc zapewnić optymalne wartości sztywności skrętnej z odpowiednio dużą wytrzymałością na ściskanie i rozciąganie. Warstwy włókien szklanych (GFRP) są nawinięte w kierunku prostopadłym do kierunku osiowego dla najbardziej oddalonych i najbardziej wewnętrznych warstw pośrednich wału. Warstwy te są odpowiednio zagęszczane i mają wysoką wytrzymałość właściwą na rozciąganie (wytrzymałość/ciężar). Tego typu materiały i sposób ułożenia włókien zastosowano już w technice kosmicznej. Takie ułożenie warstw (ich kolejność i sposób ułożenia) zapewniają stosunkowo dużą odkształcalność

i plastyczność układu przenoszącego obciążenia. Testy na skręcanie przeprowadzone dla wału pośredniego jednostki o wyporności 80 000 DWT wykonanej w skali 1:10 udowodniły bardzo dużą zgodność wyników badań modelowych z badaniami symulacyjnymi zarówno co do sztywności, jak i wytrzymałości na skręcanie, zginanie, ściskanie oraz rozciąganie. Wyniki próby skręcania przedstawiono na rysunku 8 [12].



Rys. 8. Wyniki statycznej próby skręcania modelu w skali 1:10 [12]
Fig. 8. *Static torsion test results of 1:10 scale model [12]*

Przeprowadzone próby wytrzymałości zmęczeniowej na skręcanie wału (FRP) łącznie ze sprzęgłem wypadły pomyślnie. Pozytywne wyniki uzyskano również przy ocenie wytrzymałości zmęczeniowej na ściskanie i rozciąganie.

Bardzo istotne jest zachowanie się materiałów kompozytowych w środowisku o podwyższonej temperaturze i wilgotności, tak jak w przypadku siłowni okrętowej. W pomieszczeniu tym panuje wysoka temperatura oraz wysoka wilgotność, ponadto wypełnia je mgła olejowa, która może wpływać niekorzystnie na elementy z tworzyw FRP, powodując pogorszenie właściwości materiału. Przeprowadzone badania nasiąkliwości, wytrzymałości na zginanie, modułu sprężystości i odkształcenia wykazały bardzo niewielkie zmiany w strukturze żywicy. Pozostałe wyniki tworzywa FRP są pozytywne.

Ważne zagadnienie dotyczące zastosowania włókien FRP na układy do przenoszenia momentu obrotowego stanowi ich połączenie z elementami metalowymi. Dotyczy to głównie sprzęgieł metalowych. Przyjęto, że wewnętrzna powierzchnia obu końców wydrążonego wału z kompozytu FRP jest zakończona wielokątem foremnym, podobnie krańcowe elementy sprzęgieł metalowych mają identyczny kształt jak końce wydrążonego wału. Analiza obciążenia dokonana MES pozwoliła na dobranie sześciokątnego kształtu końca sprzęgła z wałem.

W związku z obniżeniem ciężaru wału spowodowanego materiałem kompozytowym znacznie obniżyły się naciski na łożyska. W miejscach podparcia wału zastosowano napylanie plazmowe odpowiednim metalem na powierzchnię włókien FRP. Szacunkowe dane wykazały, że materiał łożyskowy wału pośredniego zbiornikowca o wyporności 80 000 przy prędkości obrotowej 103 obr/min i okresie eksploatacji 340 dni w roku może wytrzymać 20 i więcej lat [12].

ANALIZA I WNIOSKI

Doświadczenie, wiedza i badania literatury przedmiotu wskazują, że należałoby w Polsce podjąć badania dotyczące budowy wałów napędowych jednostek pływających z materiałów kompozytowych. Przeprowadzona analiza bibliografii przedmiotowej wykazała, że:

1) wał pośredni wykonany z FRP wykazuje wystarczającą wytrzymałość na skręcanie, rozciąganie, ściskanie, zgniatanie oraz wytrzymałość zmęczeniową;
2) wytrzymałość wału z kompozytów FRP nie ulega pogorszeniu ze względu na środowisko takie jak: wysoka wilgotność, mgła olejowa smarowy, woda morska;
3) wał pośredni wykonany z FRP jest lżejszy od typowego wału stalowego; poprzez metalizowane pokrycie części wału w miejscu podparcia smarowanie łożyska jest bezproblemowe;
4) obecna wiedza i doświadczenie pozwalają na odpowiedni dobór materiałów kompozytowych na wały napędowe jednostek pływających;
5) istnieją w Polsce realne warunki podjęcia prac doświadczalno-konstrukcyjnych związanych z możliwościami wykonania wałów napędowych z kompozytów zbrojonych.

LITERATURA

1. Dawson C., *Construction materials for combat craft,* Combat Craft, 1984, vol. 2, no. 1.
2. Eric Green Associates, *Marine Composites,* Annapolis, Maryland 1999.
3. Gibson G.R., *Construction and sea trials plastic mine counter-measures vessel*, Transactions the Institute of Marine Engineers, 1981, vol. 93, paper 7.
4. Kowalski S.J., Kyziol L., Rybicki A., *Composite of wood and polymerized methacrylate, Composites,* 2002, part B, vol. 33, pp. 77–86.
5. Kozłowski J., Madey J., *Perspektywy zastosowania kompozytów polimerowych w liniach wałów okrętowych*, Przegląd Morski, 1987, nr 10, s. 48–56.
6. Krawczenko W.S., Klestow L.A., Charin A.A., *Wałoprowody plastmassowych sudow,* Izdatielstwo „Sudostrojenije", Leningrad 1973.
7. Kyzioł L., *Drewno modyfikowane na konstrukcje morskie*, AMW, Gdynia 2010.
8. Lankford B.W., Angerer J.F., *Glass reinforced plastic developments for application to minesweeper construction,* Naval Engineers Journal, 1971, October.

9. Ławniczak M., Walentynowicz T., *Lignomer – właściwości i zastosowanie*, PWN, Rolnicze i Leśne, Poznań 1979.
10. Ławniczak M., Widłak H., *Badania zmierzające do ustalenia przydatności lignomeru na podłogi w wagonach towarowych,* [w:] *Modyfikacja drewna,* materiały konferencyjne, AR, Poznań, 1981, s. 243–267.
11. Schütz H., Fochs G., *Non-magnetic materials – the basic criteria on the design of MCMvs*, Maritime Defence, 1984, May, vol. 9.
12. Seiichi Sunahara, Kenichiro Nakagawa, Nobuhiko Fuji, Mitsuaki Yoshikawa, *Development of ACM-made Intermediate Shaft*, Marine Engng. Soc. Japan Bull, 1993, vol. 21, no. 2.
13. Smith C.S., Pattison D., *Design of structural connections in GRP ship and boat hulls*, Conference on Designing with Fiber Reinforced Materials, London, September 1977.
14. Strong B.A., *Fundamentals of Composite Manufacturing*: *Materials, Method, and Applications,* Dearbon, Michigan 1989.
15. Zaczek Z., *Materiały konstrukcyjne do budowy okrętów przeciwminowych*, Przegląd Morski, 1987, nr 10, s. 33–48.
16. Zaczek Z., *Perspektywy rozwojowe trałowców o kadłubach z tworzyw sztucznych*, Przegląd Morski, 1977, nr 11.
17. Zaczek Z., *Zalety i wady kadłubów okrętowych z tworzyw sztucznych*, Przegląd Morski, 1977, nr 9.
18. http://pl.wikipedia.org/wiki/Niszczyciel_min..
19. http://www.magnum-x.pl/artykul/indyk-z-gdyni.

POSSIBILITY OF USE OF COMPOSITE MATERIALS FOR THE MARINE SHAFT

Summary

In the article are presented the rules of selecting the composite materials on the drive shafts of ships. Methods of building hulls of the ships have been presented and described and the review of selected ships with the composites in NATO countries. The drive shaft is the construction which subject to of the complex load condition, why should very carefully analyze the state of the load. The paper presents the technology of making the drive shafts in the Japan on the basis of the experimental vessel made on a scale of 1:10. The tests carried out showed that the composite materials meet the requirements that are required materials for the drive shafts of vessels. In Poland there are the right conditions to take the issue related to the construction of the drive shaft on the basis of composite materials.

Keywords: *intermediate shaft, composite materials, mechanical and technological properties of composites.*