Lesław KYZIOŁ

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH NA KONSTRUKCJE OKRĘTÓW SPECJALNYCH

Przedstawiono podstawowe materiały kompozytowe stosowane do budowy okrętów zwalczania min. Dokonano charakterystyki podstawowych materiałów takich jak drewno oraz kompozyty poliestrowo-szklane. Materiały te są powszechnie stosowane do budowy jednostek amagnetycznych. Na uwagę zasługuje drewno modyfikowane, charakteryzujące się znacznie wyższymi właściwościami mechanicznymi od drewna naturalnego a tylko niewiele wyższymi kosztami. O wyborze materiału do budowy jednostek amagnetycznych decyduję nie tylko jego właściwości ale wiedza, doświadczenie, sposób przetwarzania, ryzyko ekonomiczne oraz techniczne.

Ponadto przedstawiono zasady dobierania materiałów kompozytowych na wały napędowe jednostek pływających. Wał napędowy jest konstrukcją podlegającą złożonemu stanowi obciążenia, dlatego należy bardzo dokładnie przeanalizować stan obciążenia. 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.

WSTĘP

Materiały kompozytowe ze względu na ich właściwości są z powodzeniem stosowane na specjalne jednostki pływające. Coraz nowocześniejsze technologie wytwarzania tych materiałów sprawiają, że można uzyskiwać materiały o właściwościach spełniających wymagania konstrukcji. Materiały kompozytowe stosowane na konstrukcje okrętów przeciwminowych są obecnie zasadniczym materiałem do budowy tego typu jednostek w niektórych krajach. Spośród materiałów kompozytowych szczególną rolę stanowią kompozyty polimerowe charakteryzujące się wysoką odpornością na korozję, łatwością formowania, pochłanianiem drgań mechanicznych, a w przypadku okrętów przeciwminowych amagnetycznością.

Aby w pełni jednostka pływającą była niemagnetyczna wszystkie jej podzespoły, a więc kadłub, nadbudówki, układ napędowy były wykonane z materiałów amagnetycznych. Do takich materiałów zalicza się: stal niemagnetyczne, kompozyty poliestrowo-szklane (KPS), drewno. Materiały te mające wspólną właściwość jaka jest ich 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. To wszystko wymaga dogłębnego przeanalizowania tak pod względem wiedzy dotyczącej wykonywania konstrukcji z danego materiału, doświadczenia oraz dążenie do wdrażania najnowocześniejszych technologii prowadzącej do rozwoju przemysłu stoczniowego. W pracy [ok przeciw], dość obszernie przedstawiono wymagania i charakterystyki materiałów stosowanych na jednostki amagnetyczne.

W pracy, szczególną uwagę zwrócono na możliwości wykorzystania drewna modyfikowanego powierzchniowo jako materiału kompozytowego na morskie konstrukcje amagnetyczne. Ponadto dokonano wstępnej analizy możliwości zastosowania kompozytów polimerowych na wały napędowe okrętów amagnetycznych. Zasadniczo na wały jednostek amagnetycznych stosowana jest stal austenityczna. W pracy dokonano wstępnej analizy zastosowania kompozytów polimerowych na linie wałów jednostek amagnetycznych.

1. KADŁUBY KOMPOZYTOWE JEDNOSTEK PŁYWAJĄCYCH

1.1. Kadłuby z kompozytów polimerowych

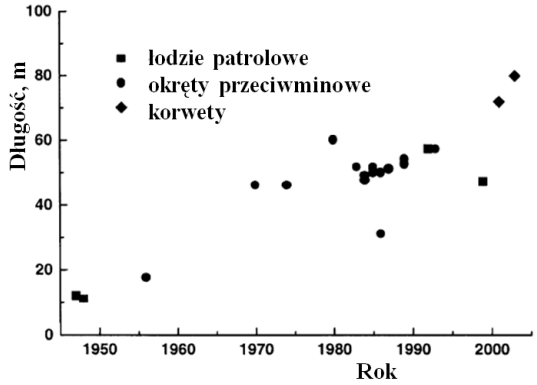
Już w latach 60-tych ubiegłego wieku do budowy jednostek specjalnych zastosowano materiały z tworzyw sztucznych [3]. Opracowana w Polsce technologia budowy jednostek amagnetycznych z tworzyw sztucznych na bazie kompozytów poliestrowo-szklanych doczekała się na początku lat 80-tych zwodowaniem pierwszych jednostek. Projekt oznaczony nr 207 był jednym z pierwszych w świecie projektów, na bazie którego zbudowano całkowicie jednostkę z tworzyw sztucznych (oprócz układu napędowego) [3].

Począwszy od roku 1973, kiedy do służby wszedł brytyjski trałowiec doświadczalny HMS „Wilton", który był pierwszym okrętem małomagnetycznym o kadłubie zbudowanym z laminatów poliestrowo-szklanych, już kilka lat później wzorem Wielkiej Brytanii podążyły Belgia, Francja, Holandia oraz Włochy [4].

Kompozyty poliestrowo-szklane są najszerzej stosowanym materiałem w budowie okrętów przeciwminowych [2, 14, 21÷23]. Kadłuby tych okręty mogą mieć konstrukcję masywną lub przekładkową [1, 20, 24]. Konstrukcja masywna z kompozytów poliestrowo-szklanych (KPS), nie ma systemu usztywnień wręgowych. Wytrzymałość KPS zależy od rodzaju żywicy, udziału i rodzaju użytego zbrojenia szklanego, procesu produkcji i kierunku obciążenia. Chociaż KPS jest odporny na korozję – wymaga uszczelnienia dla zapobieżenia wchłaniania wody [24].

W pracy [17] dokonany szczegółowego przeglądu jednostek pływających Marynarek Wojennych świata. Z raportu tego wynika, że obecnie buduje się z materiałów kompozytowych nadbudówki, pokłady, grodzie, zaawansowane systemy masztowe, śruby i wały napędowe, stery, rury, pompy, zawory, maszyny i inne urządzenia na dużych okrętów wojennych, takich jak fregaty, lotniskowce oraz okręty podwodne.

W ostatnich latach wzrasta zapotrzebowanie kompozytów w budowie okrętów podwodnych, budowane są kompletne konstrukcje szybkich łodzi patrolowych.



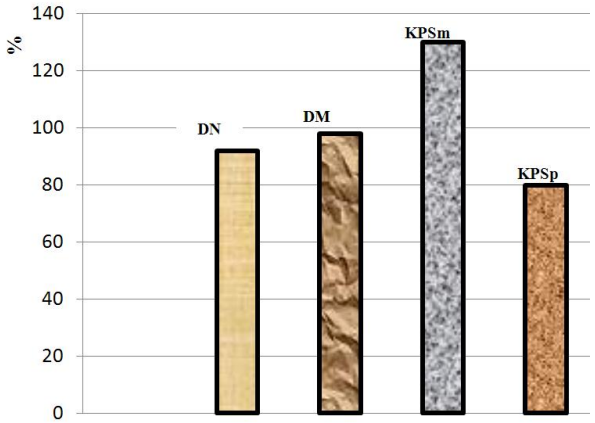
Rys. 1. *wykres zależności długości wszystkich łodzi patrolowych, okrętów przeciwminowych i korwet wykonanych z materiałów kompozytowych [17, 18]*

Na rysunku 1 przedstawiono zmiany długości wszystkich łodzi patrolowych, okrętów przeciwminowych i korwet wykonanych z materiałów kompozytowych.

Istotną wadą jednostek o kadłubach z KPS jest konieczność prowadzenia badań niszczących materiału. Wykonany laminowany kadłub można oceniać tylko na próbkach wykonanych razem z elementami konstrukcji. Kadłuby kompozytowe okrętów nie wymagają wielu nakładów na konserwację. najczęściej drobne naprawy mogą być wykonywane przez załogę.

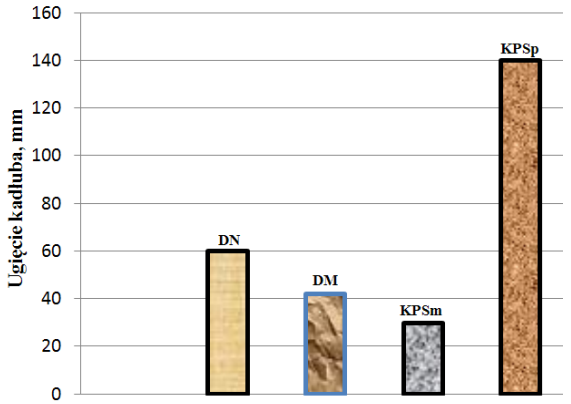
1.2. Kadłuby z drewna

Rozwój nauki i techniki sprawił, że wiele wad drewno zostało wyeliminowanych, dzięki czemu drewno stało się materiałem, który można zastosować w większym zakresie. Możliwe stało się 5-krotne zmniejszenie nasiąkliwości drewna wodą morską, co doprowadził do znacznego podwyższenia parametrów mechanicznych tego materiału [11]. Największą jednostką, której kadłub wykonano z drewna jest niemiecki okręt do wykrywania min „Walter von Ledebur" o długości 63 m [20]. W Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej zbudowano nad nowej klasy trałowiec z laminowanego drewna o wyporności powyżej 1000t i długości 68 m [1]. Konstrukcja kadłuba z drewna musi być całkowicie klejona, a poszycie kadłuba ze względu na wytrzymałość musi mieć grubość ok. 60 mm. Do budowy tych jednostek zasadniczo wykorzystano naturalne właściwości drewna**.** Postęp techniczny sprawił, że opracowano technologie umożliwiające wytworzenie drewna modyfikowanego. Drewno naturalne poddane nasycaniu odpowiednimi monomerami a następnie polimeryzacji uzyskało znaczny wzrost właściwości, szczególnie wytrzymałościowych. Drewno to nazwano drewnem modyfikowanym [13, 14]. Wzrost właściwości wytrzymałościowych, technologicznych, sprawia, że materiał ten może być wykorzystany do budowy złożonych konstrukcji okrętowych. Dobre drewno na kadłuby okrętów (mahoniowe, tikowe) jest drogie, ale można je zastąpić właśnie drewnem modyfikowanym [24]. Podstawowymi zaletami przemawiającymi za stosowaniem drewna, szczególnie modyfikowanego [12] do budowy kadłubów okrętów przeciwminowych jest jego amagnetyczność, dobra izolacja cieplna, mały ciężar właściwy w stosunku do metali, tłumienie drgań i dźwięków, odnawialność, łatwość obróbki mechanicznej i łączenia [7, 10, 11, 15, 16]. Ze względu na znacznie mniejszy ciężar właściwy drewna naturalnego (modyfikowanego) od kompozytów poliestrowo-szklanych, kadłuby z drewna mogą być lżejsze. Na rysunku 2 dokonano porównania mas kadłubów amagnetycznych jednostek pływających.



Rys. 2. *Masy kadłubów amagnetycznych okrętów przeciwminowych: DN – drewno naturalne, DM – drewno modyfikowane, KPSm – konstrukcja masywna; KPSn – konstrukcja przekładkowa [11, 23]*

Innym bardzo ważnym parametrem charakteryzującym przydatność materiału na kadłuby amagnetyczne jednostek pływających są maksymalne ugięcia podobnych kadłubów okrętów z różnych tworzyw. Parametr ten podobnych kadłubów przedstawiono na rysunku 3 [20]. 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.

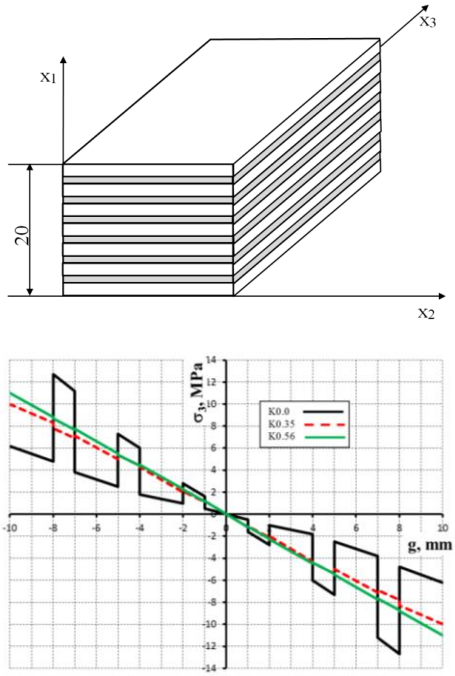


Rys. 3*. Ugięcie porównywalnych kadłubów jednostek amagnetycznych [11, 23]*

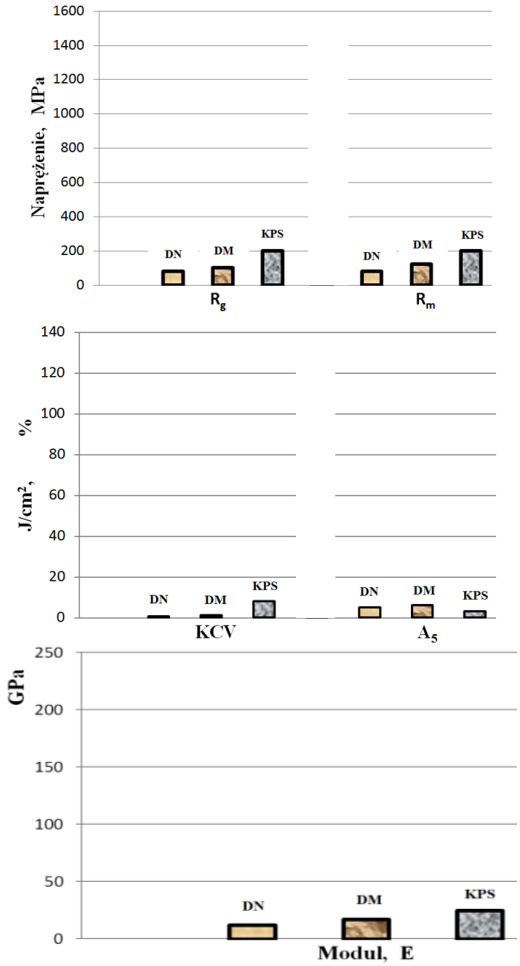
Ugięcie kadłuba wykonanego z drewna naturalnego można o ok. 30% obniżyć w wyniku zastosowanie drewna modyfikowanego. W elementach zginanych maksymalne naprężenia występują w warstwach skrajnych. Dlatego wystarczy wzmocnić tylko zewnętrzne powierzchnie materiału. Modyfikacja powierzchniowa znacznie zwiększa wytrzymałość, a nieznacznie zmniejsza sztywność drewna. Przeprowadzone badania wpływu modyfikacji powierzchniowej drewna na ugięcie płyty wykazały nierównomierny rozkład naprężeń w warstw „słabych i mocnych" drewna – rysunek 4. Wzmocnieniu ulegają warstwy drewna słabego, one przejmują częściowe obciążenia od warstw mocnych drewna i w ten sposób następuje wyrównanie rozkładu naprężeń [11].

a)

b)



Rys. 4. *Konfiguracja a) warstwy wierzchnie stanowi drewno miękkie, b) rozkład naprężenia σ_3 po grubości płyty z drewna naturalnego K0.0 i modyfikowanego K0.35 i K0.56*



Rys. 5*. Porównanie właściwości mechanicznych kompozytu poliestrowo-szklanego oraz drewna naturalnego i modyfikowanego: R_g - wytrzymałość ma zginanie; R_m - wytrzymałość na rozciąganie; E - moduł sprężystości podłużnej; KCV - udarność; A_5 - wydłużenie względne [11, 19, 24]*

Na rysunku 5 przedstawiono wybrane parametry mechaniczne kompozytu poliestrowo-szklanego, drewna naturalnego i modyfikowanego. Można zaobserwować, że właściwości wytrzymałościowe kompozytów poliestrowo-szklanych są porównywalne z właściwościami drewna modyfikowanego powierzchniowo.

2. WAŁY NAPĘDOWE WYKONANE Z KOMPOZYTÓW

Wał napędowy jest konstrukcją podlegającą złożonemu stanowi obciążenia, dlatego należy bardzo dokładnie przeanalizować stan obciążenia i ugięcia układu kadłub - układ napędowy uwzględniając stosowane materiały. Niewiele jest pozycji dotyczących stosowania materiałów kompozytowych na wały napędowe linii wałów okrętowych. W Polsce takich badań nie prowadzono a literatura jest bardzo uboga. Dlatego analizę zastosowania materiałów kompozytowych przedstawiono na podstawie dostępnej literatury.

Technologię wykonywania wałów napędowych z tworzyw kompozytowych przedstawiono na podstawie doświadczalnej jednostki pływającej [5]. Przeprowadzone testy wykazały, że niektóre materiały kompozytowe spełniają wymogi stawiane materiałom na wały napędowe jednostek pływających.

Aby w pełni jednostka pływającą była niemagnetyczna wszystkie jej podzespoły, a więc i układ napędowy muszą zostać wykonane z materiałów amagnetycznych. W większości na jednostkach amagnetycznych poszczególne wały linii wałów wykonane są ze stali amagnetycznej. Również i na naszych jednostkach projektu 207 wały wykonano z austenitycznej stali amagnetycznej.

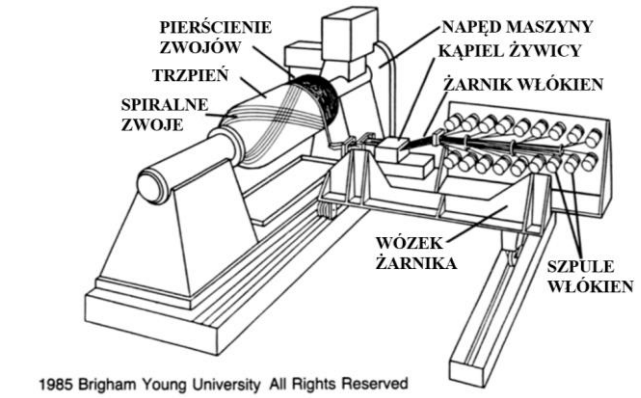
Kadłub okrętu wraz z linią wałów ułożoną na łożyskach z zespołem sprzęgieł, przegubów wraz z łożyskami wspornikowymi, przekładnią tworzy pewną zwartą całość podatną na różne nieprzewidziane ujemne skutki. Zmienne i ekstremalne warunki eksploatacyjne jednostek pływających powodują ogólne i miejscowe ugięcia kadłuba, powodujące naprężenia w linii wałów [9]. Analiza materiałowa stosowania materiałów na jednostki amagnetyczne wykazała, że naprężenia w linii wałów w kadłubie kompozytowym będą zdecydowanie większe w porównaniu do kadłuba stalowego. W celu wyeliminowania takiego stanu rzeczy należy [8]:

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

Dokonana analiza zagadnienia układu

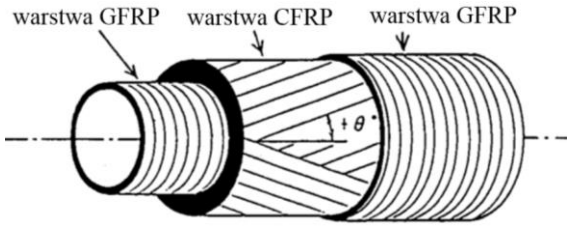
Dokonana analiza zagadnienia układu kadłub - linia wałów odnosząca się do części materiałowej wykazała, że na wały napędowe należy stosować materiały o wartościach modułów sprężystości niższych od materiału kadłuba. Stwarza to możliwości zastosowania na linie wałów okrętowych materiałów kompozytowych.

W pracy [13], opisano program zastosowania tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem (FRP) na wały napędowe [5]. Program obejmował określenie zarówno podstawowych właściwości mechanicznych badanych kompozytów, jak również naprężeń skrętnych, drgań kadłuba, zastosowanych sprzęgieł podatnych. Główny nacisk położono na technologię wykonania wału z włókien syntetycznych. Stanowisko nawijania włókien schematycznie przedstawiono na rysunku 6 [6].



***Rys. 6**. Sposób nawijania włókien [6]*

Wykonanie wału z włókien syntetycznych jest dość prostym sposobem polegającym na odpowiednim sposobie plecenia włókien. Sekretem jest kolejność i sposób ułożenia włókien.



***Rys. 7.** Laminowana struktura z FRP [5]*

Na rysunku 7 przedstawiono sposób i kolejność ułożenia włókien wału napędowego. Zastosowano włókna węglowe (CFRP), włókna szklane (GFK) oraz włókna aramidowe (AFRP). Sposób i kolejność ułożenia zapewniają odpowiednie właściwości [5]. Wał podlega skręcaniu podczas przekazywania momentu obrotowego, ściskaniu i rozciąganiu siłami działającymi w kierunku osiowym oraz momentom gnącym.

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

Warstwy włókien szklanych (GFRP) są nawinięte w kierunku prostopadłym do kierunku osiowego dla najbardziej oddalonych i najbardziej wewnętrznych warstwach pośrednich wału. Warstwy te są odpowiednio zagęszczane i posiadają wysoką wytrzymałość właściwą na rozciąganie (wytrzymałość/ciężar). Technologia i materiały zastosowano w technice kosmicznej. Takie ułożenie warstw (ich kolejność i sposób ułożenia) zapewniają stosunkowo wysoką odkształcalność i plastyczność układu przenoszącego obciążenia [5]. Przeprowadzone próby wytrzymałościowe, temperaturowe, wypełnione mgłą olejową (w siłowni okrętowej) wypadły pomyślnie.

Ważnym zagadnieniem dotyczącym zastosowania włókien FRP na układy do przenoszenia momentu obrotowego jest 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.

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 wynoszącej 103 obr/min. i okresie eksploatacji 340 dni w roku, może wytrzymać 20 i więcej lat [5].

PODSUMOWANIE

Kadłuby z drewna i kompozytów poliestrowo-szklanych spełniają wymagania magnetyczne dla okrętów przeciwminowych. W budowie jednostek tego typu na uwagę zasługuje drewno modyfikowane. Materiał ten wykazuje znacznie wyższe właściwości mechaniczne od drewna naturalnego, co do którego wiedza i doświadczenie w budowie kadłubów okrętów jest bardzo duże. Materiał ten może znaleźć swoje miejsce niekoniecznie jako materiał do budowy kadłuba, ale na różne podzespoły niemagnetycznej jednostki pływającej. Niewielka nasiąkliwość i znaczny wzrost właściwości wytrzymałościowych, znane i proste przetwarzanie tego materiału wskazuje na zastosowanie tego materiału na konstrukcje okrętowe.

Ponadto przy budowie tego typu konstrukcji jakim jest okręt do zwalczania min, koszty budowy kadłuba stanowią około 25% całkowitych kosztów jednostki. Dlatego bardzo istotne są czynniki ekonomiczne, techniczne, czas budowy, które wymagają dogłębnej analizy i wiedzy.

Doświadczenie, wiedza i badania literaturowe wskazują, że należałoby w Polsce podjąć badania dotyczące budowy wałów napędowych jednostek pływających z materiałów kompozytowych. Przeprowadzone badania literaturowe wykazały, że wały napędowe wykonane na bazie włókien węglowych, szklanych aramidowych wykazują wystarczającą wytrzymałość na skręcanie, rozciąganie, ściskanie, zganianie oraz wytrzymałość zmęczeniową. Wytrzymałość wału na bazie kompozytów nie ulega obniżeniu ze względu na środowisko takie jak: wysoka wilgotność, mgła olejowa smarowy, środowisko wody morskiej. Wały takie charakteryzują się mniejszym ciężarem od typowego wału stalowego.

W Polsce są odpowiednie warunki aby podjąć zagadnienie związane z budową wałów napędowych na bazie materiałów kompozytowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Dawson Ch., *Construction materials for combat craft, Combat Craft*, 1984, Vol. 2, No 1.
2. Gibson G. R., *Construction and sea trials plastic mine countermeasures vessel*, Transactions the Institute of Marine Engineers, 1981, Vol. 93, Paper 7.
3. [http://www.magnum-x.pl/artykul/indyk-z-gdyni.
4. [http://pl.wikipedia.org/wiki/Niszczyciel_min].
5. https://www.google.pl/?gws_rd=ssl#q=Development+of+ACM-made+Intermediate+Shaft Development of ACM-made Intermediate Shaft Seiichi Sunahara, Kenichiro Nakagawa, Nobuhiko Fuji and Mitsuaki Yoshikawa Marine Engng. Soc. Japan Bull, vol. 21 n 2, 1993.
6. https://books.google.by/books?id=yCrDIOlvvV4C&pg=PA228&lpg=PA228&dq=calculation+of+shafts+in+marine+applications+composites&source=bl&ots=5ZZqlew_el&sig=ARvoC8HBqnO-RKri3Nd3A2or59U&hl=pl&sa=X&ved=0ahUKEwjyhr-ys9DNAhWJIJoKHbEbCikQ6AEIKDAB#v=onepage&q=calculation%20of%20shafts%20in%20marine%20applications%20composites&f=false. Brent Strong A., Fundamentals of composite manufacturing: materials, method, and applications, Dearbon, Michigan 1989.

7. Kowalski S.J., Kyziol L., Rybicki A., *Composite of wood and polymerized methacrylate*, Composities, Part B Vol. 33, 2002, pp.77-86.
8. Kozłowski J., Madey J., *Perspektywy zastosowania kompozytów polimerowych w liniach wałów okrętowych*, Przegląd Morski nr 10, 1987, ss. 48 - 56.
9. Krawczenko W. S., Klestow L. A., Charin A. A., *Wałoprowody plastmassowych sudow*, Izdatielstwo „Sudostrojenije", Leningrad, 1973.
10. Krzysik F., Nauka o drewnie, Wydanie II, PWN, 1978, Warszawa.
11. Kyzioł L., *Drewno modyfikowane na konstrukcje morskie*, AMW Gdynia, 2010.
12. Kyzioł L., *Możliwości zastosowania drewna modyfikowanego na okręty przeciwminowe*, Logistyka 3/2015, str. 2740-2749.
13. Kyzioł L., *Możliwości wykorzystania tworzyw kompozytowych do wałów okrętowych*, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, Nr 93, 2016, pp. 71-85.
14. Lankford B. W., Angerer J. F., *Glass reinforced plastic developments for application to minesweeper construction*, Naval Engineers Journal, October 1971.
15. Ławniczak M., T. Walentynowicz, *Lignomer - właściwości i zastosowanie*, PWN 1979, Rolnicze i Leśne, Poznań.
16. Ławniczak M., Widłak H., *Badania zmierzające do ustalenia przydatności lignomeru na podłogi w wagonach towarowych*, Materiały konferencyjne, Modyfikacja Drewna, AR Poznań, 1981, ss. 243-267.
17. Mouritz A.P., Gellert E., Burchill P., *Review of advanced composite structures for naval ships and submarines*, Compsite Structures 53 (2001), pp. 21÷41.
18. Sharpe R., Jane`s fighting ships 1999-2000, Coulsdon, UK: Jane`s Information Group Limited, 1999.
19. Schmit W., Dietrich H., *Eigenschaften hochfester austanitischer stähle im vergleich zu GFK*, Schiff und Hafen, 1980, Jg. 32, H.6.
20. Schütz H., Fochs G., *Non-magnetic materials –the basic criteria on the design of MCMvs*, Maritime Defence, May 1984, Vol. 9.
21. Smith C. S., Pattison D., *Design of structural connections in GRP ship and boat hulls*, C230/77, Conference on Designing with Fiber Reinforced Materials, London, September 1977.
22. Zaczek Z., *Zalety i wady kadłubów okrętowych z tworzyw sztucznych*, Przegląd Morski, 1977, nr 9.
23. Zaczek Z., *Perspektywy rozwojowe trałowców o kadłubach z tworzyw sztucznych,* Przegląd Morski, 1977, nr 11.
24. Zaczek Z., *Materiały konstrukcyjne do budowy okrętów przeciwminowych*, Przegląd Morski nr 10, 1987, ss. 23-38.

Analysis of the possibility of the use of composite materials for the construction of special ships

The article is presenting non-magnetic materials used for the minecountermeasure vessels. There are described the characteristics of the materials such as wood and composites of polyester-glass. These materials are commonly used in the minecountermeasure vessels. Particular attention should be paid to the modified wood which is characterized by a much higher mechanical properties than the natural wood while the costs of it are only slightly higher. The choice of the material for the minecountermeasure vessels should depend not only on its properties, but also on the knowledge, experience, processing of the material, and both economic and technical risk.

Furthermore in the article are presented the rules of selecting the composite materials on the drive shafts of ships. 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 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.

Autor:

dr hab. inż. **Lesław Kyzioł** – Akademia Morska w Gdyni, Wydział Mechaniczny