

CHARAKTERYSTYKA LABORATORIUM TECHNOLOGII BUDOWY JACHTÓW

CHARACTERISTICS OF THE YACHT BUILDING LABORATORY

Tadeusz Szelangiewicz

Katarzyna Żelazny

Akademia Morska w Szczecinie

Wydział Nawigacyjny

Wały Chrobrego 1

70-500 Szczecin

e-mail: t.szelangiewicz@am.szczecin.pl

Abstract: Poland is the European leader in the construction of medium-sized yachts. Almost 100% built in Poland yacht is made of fiberglass. Until recently, it was the lack of professional designer and builder of yachts. For this reason, we prepared engineering studies for the construction of yachts. As a part of the studies the yachts building technology laboratory are held. The article presents the technology of building yachts and laboratory exercises in which students learn the technology and the skills to build wooden boats and fiberglass. During the laboratory the attention is paid to health and safety that apply to the production plant and to the organization, management and quality control during construction.

Keywords: yacht builder, laboratory exercises, lamination technology, wooden technology.

Wprowadzenie

Od wielu lat w Polsce rozwija się przemysł budowy jachtów. Pod względem liczby budowanych jachtów średniej wielkości do ok. 9 m długości Polska jest liderem europejskim, a w skali światowej zajmuje drugie miejsce po USA. Prawie 100% budowanych jachtów ma kadłuby wykonane z laminatów poliestrowo-szklanych. Mimo tak dużego potencjału produkcyjnego, w wykazie zawodów nie ma projektanta jachtów, konstruktora lub jakiegokolwiek zawodu związanego z budową jachtów. Jest tylko zawód skutnika (dane na grudzień 2014 r.), tradycyjnie kojarzony z budową jachtów lub statków drewnianych. Z powodu braku zawodowych projektantów jachtów przygotowane zostały studia na kierunku Budowa Jachtów na Wydziale Nawigacyjnym Akademii Morskiej w Szczecinie. Przygotowywane są także specjalistyczne klasy w średnich szkołach zawodowych uczących zawodu skutnika, ale

głównie z umiejętnościami wykonywania laminatów poliestrowo-szklanych.

Technologia budowy jachtów

Ze względu na stosowane materiały, kadłuby jachtów budowane są z [1, 2, 3, 4, 6]:

- laminatów poliestrowo-szklanych,
- drewna,
- metalowe (stalowe lub aluminiowe),
- siatkobetonu.

W Polsce prawie 100 % jachtów budowanych jest z laminatów poliestrowo-szklanych (bardzo rzadko stosowane są inne rodzaje żywic lub włókien zbrojących np. włókna węglowe). Inne rodzaje materiałów niż laminaty poliestrowo-szklane stosowane są tylko w jednostkowej, indywidualnej budowie jachtów. Stąd najczęściej omawiana technologia budowy jachtów dotyczy laminatów poliestrowo-szklanych. Przy budowie jachtów z laminatów, często stosuje się konstrukcje drewniane stąd też niezbędna jest znajomość technologii drewnianych.

Przy budowie kadłubów jachtów z laminatów (także pokładów, nadbudówek, wewnętrznego poszycia lub innych mniejszych elementów), metody technologiczne dzieli się ze względu na:

- sposób budowy kadłuba [3, 4, 6]:
 - w formie: jednorazowej lub wielokrotnego użytku,
 - bez formy ale z użyciem odpowiedniego stelaża,
- sposób laminowania [1, 2]:
 - laminowanie przy ciśnieniu atmosferycznym: ręczne (tzw. kontaktowe) lub natryskowe,
 - laminowanie z zastosowaniem elastycznego worka: laminowanie ręczne próżniowe, laminowanie infuzyjne (próżniowe lub ciśnieniowe).

Budowa kadłuba jachtu w formie

Gdy buduje się co najmniej kilka, kilkanaście takich samych kadłubów jachtów, wykonuje się je w **formie**. Jeżeli kadłub jachtu wykonuje się wewnątrz formy, to taka forma nazywa się **matrycą**, a jeżeli kadłub jachtu wykonany jest na zewnątrz formy, to nazywa się ona **patrycą**. Przed wykonaniem formy (matrycy) wykonuje się tzw. "**kopyto**", czyli kadłub jachtu, a także pokład z nadbudówką, poszycie wewnętrzne itp. w wielkości i kształcie naturalnym. Na tym kopycie wykonuje się właściwą formę, najczęściej taką samą metodą i z podobnych materiałów jak później wykonywany jest w tej formie kadłub jachtu.

Kolejność prac wykonania kadłuba jachtu:

- wykonanie kopyta (stosowane są różne materiały: drewno, twardy styropian itp.),
- wykonanie na kopycie formy - najczęściej forma jest dzielona, aby można było ją zdjąć z kopyta, a także aby można było wyjąć z niej kadłub jachtu,
- nakładanie, na odpowiednio przygotowaną wewnętrzną powierzchnię formy, żelkotu (może być barwiony), a następnie właściwego laminatu,
- po utwardzeniu żywicy, wyjęcie kadłuba jachtu z formy,
- jeżeli jacht składa się z kilku elementów, to np. pokład z nadbudówką jest wykonywany w taki sam sposób jak kadłub,
- łączenie kadłuba z pokładem,
- jeżeli forma jest wykonana prawidłowo i żelkot nakładany jest prawidłowo, to wyjęty z formy kadłub wymaga tylko umycia i nie ma

potrzeby szpachlowania, szlifowania i malowania.

Budowa kadłuba jachtu bez formy

Jednostkowe kadłuby jachtów czasami wykonuje się bez formy - jeżeli tak budowany jacht ma zewnętrzne i wewnętrzne poszycie to ta technologia często jest nazywana przekładkową.

W tej technologii kolejność wykonania kadłuba jest następująca:

- wykonanie szkieletu kadłuba jachtu,
- pokrycie szkieletu listwami z materiału przekładkowego (drewno balsa, pasy z pianki poliuretanowej),
- położenie laminatu na przekładkę - jest to warstwa zewnętrzna kadłuba jachtu,
- zdjęcie skorupy kadłuba jachtu wraz z przekładką ze stelaża,
- laminowanie wewnętrznej strony przekładki - jest to warstwa wewnętrzna kadłuba jachtu,
- w podobny sposób wykonywane są inne elementy jachtu np. pokład, nadbudówka, a następnie są one łączone z kadłubem,
- w tej technologii należy wykończyć powierzchnię zewnętrzną (a także wewnętrzną): szlifowanie, szpachlowanie, malowanie.

Laboratorium technologii budowy jachtów

W programie studiów na kierunku Budowa Jachtów [5], jednym z przedmiotów jest *Technologia budowy jachtów*. Przedmiot ten składa się z wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych, w ramach których studenci poznają technologię budowy jachtów z drewna i laminatów poliestrowo-szklanych.

Program ćwiczeń dla studentów w laboratorium budowy jachtów z laminatów został opracowany przy założeniach:

- w czasie zajęć laboratoryjnych zrealizowane zostaną efekty kształcenia:
 - w zakresie wiedzy: student otrzyma wiedzę dotyczącą żywic i laminatów, technologii ich wykorzystania w budowie jachtów oraz wiedzę w zakresie ergonomii i bezpieczeństwa pracy,
 - w zakresie umiejętności: student zdobędzie umiejętności w zakresie doboru odpowiednich materiałów, przygotowania ich do wykorzystania oraz zastosowania w budowie kadłuba jachtu,

- w zakresie kompetencji społecznych i personalnych: student rozwinie świadomość ważności zachowania się w sposób profesjonalny podczas realizacji zadania inżynierskiego,
- w czasie zajęć laboratoryjnych studenci przygotowują proces budowy kadłuba jachtu od projektu do wykonania gotowego kadłuba przy jednoczesnym poznaniu różnych technologii,
- czas wykonania gotowego kadłuba jak i koszt nie powinny być zbyt duże - kadłuby jachtów wykonywane są w takiej skali aby ich długość była maksymalnie 2,5 m.

Przebieg (kolejność) zajęć laboratoryjnych

Na ćwiczeniach z teorii jachtu wykonywany jest, dla zadanych parametrów geometrycznych, projekt kadłuba jachtu (linie teoretyczne). Linie teoretyczne (wodnice i wzdłużnice) wykonuje wybrany lider grupy studentów w skali 1:1, czyli w takiej wielkości w jakiej będzie budowany kadłub jachtu. Po wykonaniu linii teoretycznych, pozostali studenci wykonują wręcznice też w skali 1:1.

Przed rozpoczęciem zajęć laboratoryjnych przeprowadzone jest szkolenie BHP ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa

pracy z żywicami, rozpuszczalnikami i innymi związkami chemicznymi [1].

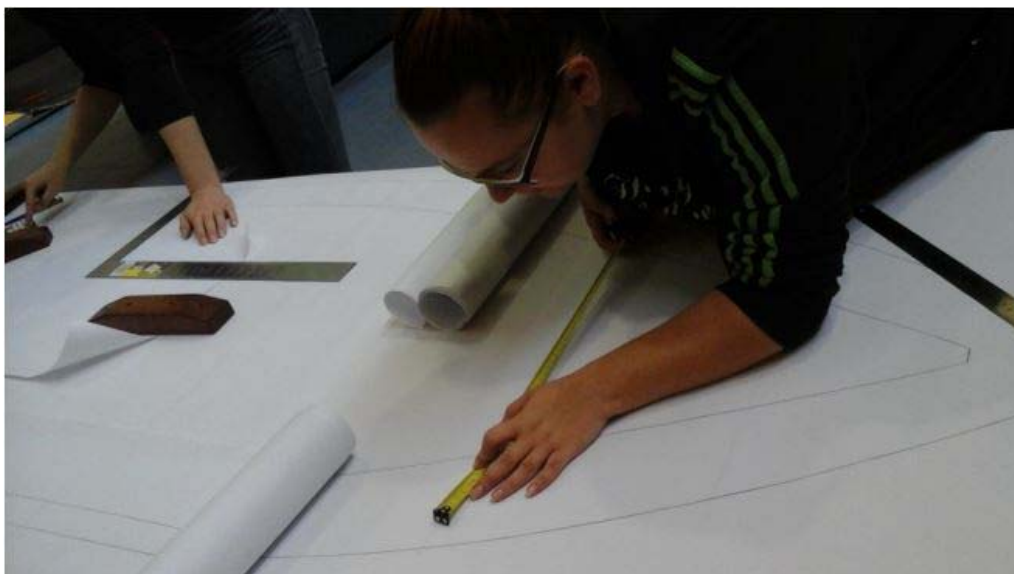
Przebieg poszczególnych zajęć związanych z budową jachtu pokazany jest na rys. 1÷20.

Całość prac w laboratorium, poza prowadzącym nauczycielem akademickim, kieruje lider grupy studenckiej - w ten sposób studenci zapoznają się z procesem organizacyjnym, kontrolą poszczególnych etapów budowy oraz przestrzeganiem przepisów BHP podczas prac związanych z laminowaniem. Lider grupy w czasie zajęć może się zmieniać tak, aby każdy student mógł organizować i nadzorować prace przy budowie jachtu.

Prace w laboratorium rozpoczynają się od wykonania papierowych szablonów wręgów budowanego jachtu (rys. 1 i 2). Na podstawie wykonanych papierowych szablonów, ze sklejki wycinane są wręgi, które ustawiane są na stole montażowym (rys. 3÷6). Gotowy szkielet kadłuba jachtu pokrywany jest sklejką (rys. 7÷11). Do tego etapu studenci poznają technologię budowy jachtów drewnianych. Następnym etapem jest budowa jachtu z laminatów poliestrowo-szklanych (rys. 12÷17). Ostatnim etapem jest przygotowanie powierzchni kadłuba z laminatu do malowania (rys. 18÷20).



Rys. 1. Wykonanie projektu kadłuba jachtu - kompletne linie teoretyczne w skali 1:1.



Rys. 2. Z linii teoretycznych wykonanie papierowych szablonów wręgów.



Rys. 3. Na podstawie szablonów wycinanie wręgów ze sklejki.



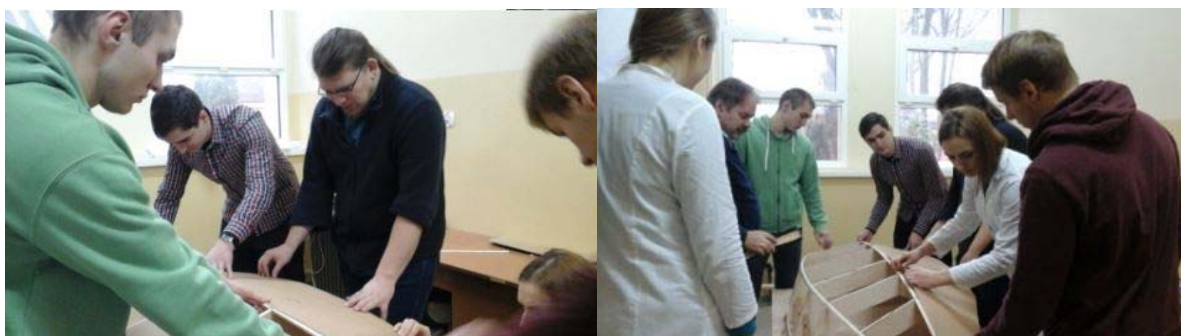
Rys. 4. Ustawianie wręgów kadłuba jachtu na stole montażowym.



Rys. 5. Łączenie wrgów listwami burtowymi i stępką.



Rys. 6. Gotowy szkielet kadłuba jachtu.



Rys. 7. Wykonanie szablonów poszycia dna i burt.



Rys.. 8. Wycinanie poszycia dna i burt ze sklejk.



Rys. 9. Montaż poszycia dna i burt na szkielecie.



Rys. 10. Gotowy kadłub jachtu wykonany ze sklejk.



Rys. 11. Wykonanie pokładu ze sklejki.



Rys. 12. Impregnowanie kadłuba żywicą poliestrową.



Rys. 13. Nakładanie wzmocnień z włókna szklanego w miejscach łączenia poszycia dna i burt.



Rys. 14. Przycinanie maty szklanej do laminowania dna.



Rys. 15. Laminowanie kadłuba jachtu (nakładanie włókna szklanego i żywicy).



Rys. 16. Kadłub jachtu z zewnętrznym laminatem.



Rys. 17. Nakładanie żelkotu na laminowaną powierzchnię kadłuba jachtu.



Rys. 18. Kadłub z warstwą żelkotu, szlifowanie żelkotu.



Rys. 19. Kadłub jachtu z nałożoną szpachlówką.



Rys. 20. Wyszlifowany i przygotowany do malowania kadłub jachtu.

Podsumowanie

Podczas zajęć laboratoryjnych studenci poznają:

- przepisy BHP odpowiednie dla zakładów budujących jachty drewniane i z laminatów,
- technologie budowy jachtów drewnianych,
- technologie przygotowania żywic i laminowanie kadłuba jachtów,
- technologie wykończania powierzchni kadłuba jachtu drewnianego lub wykonanego z laminatów poliestrowo-szklanych.

Podczas zajęć laboratoryjnych studenci samodzielnie wykonują kadłub jachtu od projektu po końcowe wykończenie powierzchni kadłuba jachtu.

W ramach zajęć laboratoryjnych studenci tworzą mini stocznię, w której uczą się również pracy w zespole, podporządkowania liderowi, wspólnej odpowiedzialności za tworzony produkt.

Bibliografia

1. Berger, M., Królikowski, W., Mizgier, G., Poliestry wzmocnione w budownictwie okrętowym, Wydawnictwo Morskie, Gdynia 1961.
2. Kozłowski, J., Wilczopolski, M., Wituszyński, K., Konstrukcje okrętowe z kompozytów polimerowych, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1982.
3. Małolepszy, B., Jachty żaglowe i motorowe: amatorska budowa, technologie, wybór konstrukcji, Mass Media, Konin 2004.
4. Milewski, Z.J., Projektowanie i budowa jachtów żaglowych, Gdynia 1999.
5. Szelangiewicz, T., Program studiów kierunku Budowa jachtów, Szczecin 2013.
6. Tobis, W., Budowa i naprawa jachtów z laminatów, Alma-Press, Warszawa 1993.