

Investigation of The Strength and Elastic Characteristics of Elastic Rope Used in Safety Equipment

Daniela SPASOVA, Yaroslav ARGIROV, Tatyana MECHKAROVA

Technical University of Varna, Varna, Bulgaria,
e-mail: danielats@abv.bg; jaroslav.1955@abv.bg; tatqna13@abv.bg

Abstract

The investigated object (elastic rope used in safety equipment in the ship industry) is made by innovative technology, different than previously known. The rope consists of two outer braided sheaths of polyamide fabric and a rubber core consisting of 300 rubber fibers. The special feature of this type is, that the threads are not interwoven at right angles to each other but crossed over. The mechanical characteristics of an elastic rope were studied by tensile test, as well as a macrostructural analysis has been done.

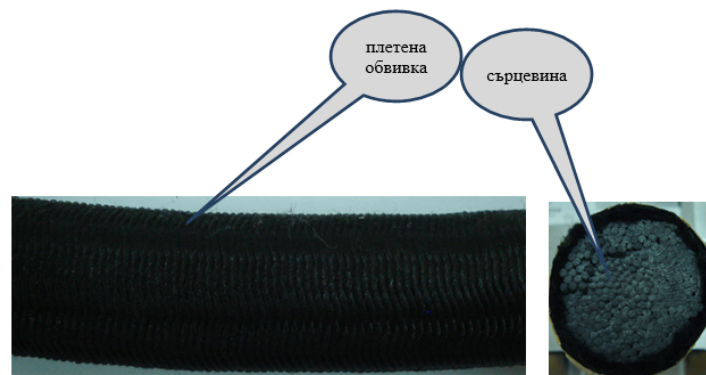
Keywords: elastic rope, rubber fibers, tensile test

Изследване на якостните и еластичните характеристики на еластично въже, използвано при спасителни съоръжения

Даниела СПАСОВА, Ярослав АРГИРОВ, Татяна МЕЧКАРОВА

1. Увод

Изследваният обект (фиг. 1) е еластично въже с кръгло сечение 25,5 мм и е продукт на немската компания JUMBO-Textil. За изработването му, както и за изработване на подобни продукти, са използвани иновативни материали и технологии, които разширяват обхвата си на употреба [1]. В случая плетенето е производствен метод, при който редовно се преплитат няколко нишки от синтетични и/или естествени нишки. Плетенето се различава от тъкането по това, че нишките не са преплетени под прав ъгъл една към друга, а се пресичат [3].



Фигура 1. Обект на изследване еластично въже

Степента на еластичност на конците, както и на самата плетка, варира в зависимост от съдържанието им на еластомер. Повърхността на въжето може – в зависимост от приложението – да бъде произведена от различни материали, например меки, твърди или особено устойчиви на абразия материали. В конкретния случай обвивката на въжето е съставена от два слоя и е изработена от полиамидна тъкан.

Сърцевината на еластичните въжета е от 300 броя гумени нишки с кръгло сечение (фиг. 1). Гумените нишки попадат в сплитането със значителна степен на предварително напрежение. Еластичното въже се произвежда в напълно удължено състояние и става по-късо, когато излиза от машината, за да се установи окончателно на изходната си дължина. Двойната обвивка на еластичното сърце осигурява надеждна повърхностна защита срещу външни влияния [2,3].

2. Експериментална част

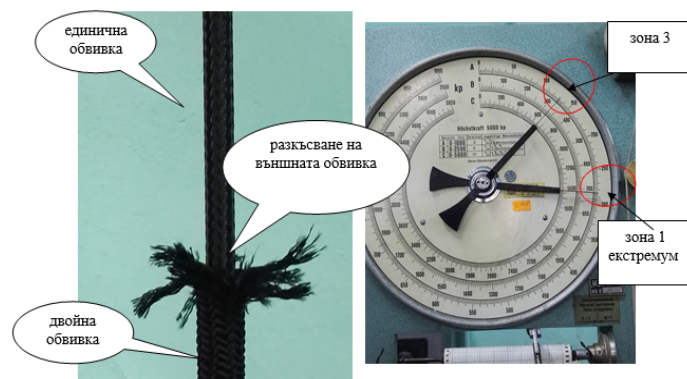
Еластичното въже е подложено на изпитване на опън с цел да се установят механичните характеристики и да се установи дали ще издържи на натоварване при използването му в спасителни съоръжения в корабната индустрия [2, 4]. Изпитването е проведено на машина за изпитване на опън, съгласно метод за контрол – БДС EN 12385-8:2003 – БИС [5,6]. При проведеното изпитване са определени максималното натоварване преди разрушаване F_m и относителното удължение A на изследвания обект. Относителното удължение A се определи по следната формула:

$$A = ((L_u - L_0) / L_0) \times 100, \% \quad (1)$$

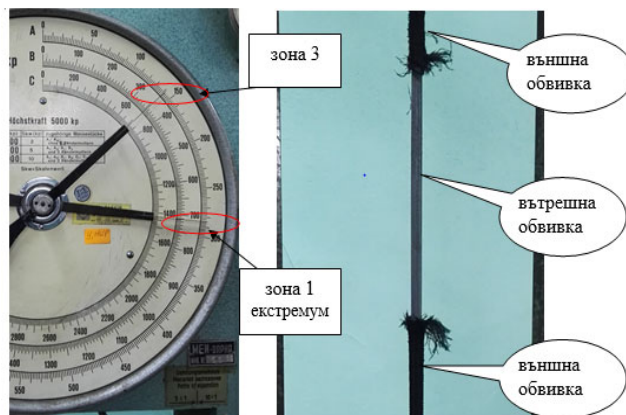
Структурата на въжето преди и след разрушаване е изследвана чрез макроструктурен анализ с помощта на стереомикроскоп за макроизследване EUROMEX.

2.1. Изпитване на опън

Както се споменава по-горе, обвивката на въжето се състои от два слоя. Изработването на обвивка чрез изплитане ѝ придава голяма разтегателна способност, като и двете обвивки са разчетени да се разтегнат до различни последователни стойности. По тази причина изпитването протече на три етапа: първи етап – разрушаване на външната част на обвивката (фиг. 2), втори етап – изпитване на якост на опън на еластичното въже без външна (първа) обвивка, само с вътрешна (втора) обвивка и сърцевина (фиг. 3) и трети етап – изпитване на опън на гумената сърцевина. На фиг. 4 е показано разрушаването на сърцевината след края на изпитването. Трите етапа от изпитването протичат върху една област от въжето.



Фигура 2. Еластично въже с разрушена външна част на обвивката



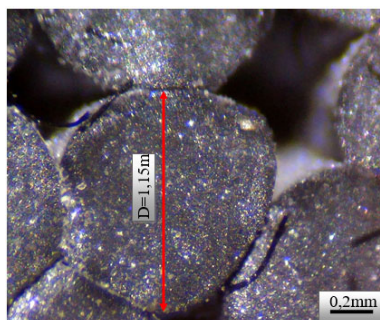
Фигура 3. Еластично въже с разрушена вътрешна част на обвивката



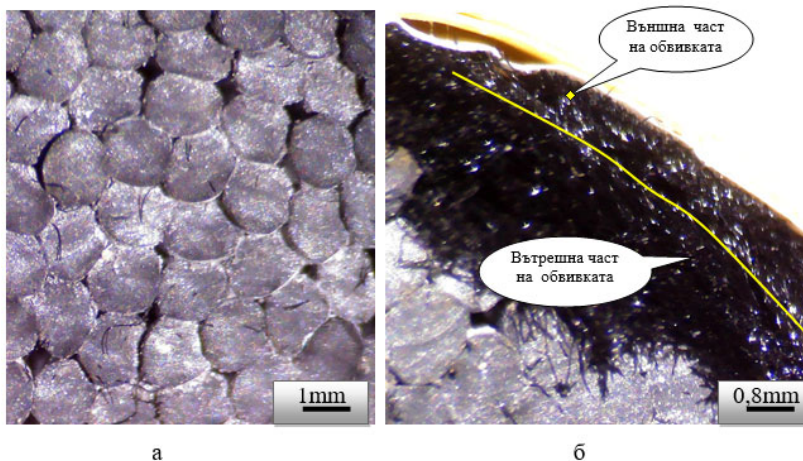
Фигура 4. Еластично въже с разрушаване на сърцевината

2.2. Макроструктурен анализ

От направеният макроструктурен анализ става ясно разпределението на гумените нишки в сърцевината, както и разпределението на външната и вътрешната част на обвивката (Фиг. 6). Също така е измерена дебелината на гумените нишки $D = 1,15 \text{ mm}$ (фиг. 5).



Фигура 5. Макроструктура на елемент от еластично въже



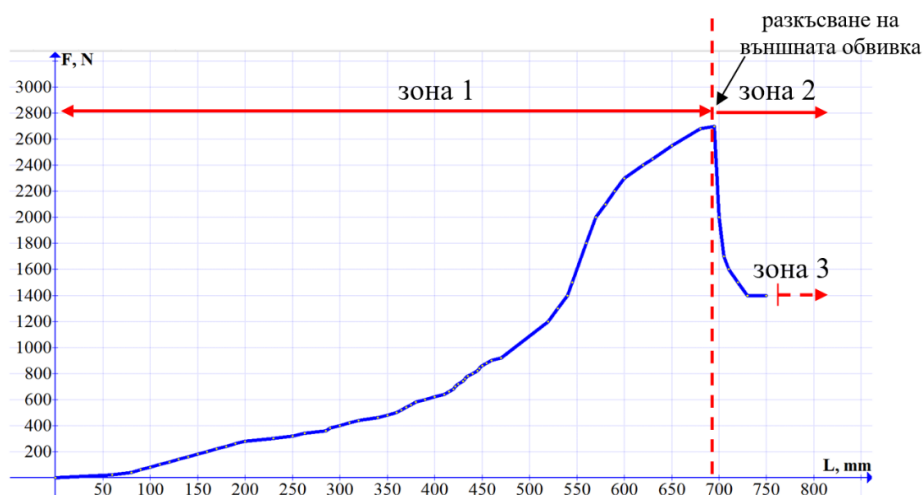
Фигура 5. Макроструктура на еластично въже:
 а) разпределение на еластичните елементи в сърцевината, б) разпределение на външните обвивки

3. Резултати и анализи

Както се спомена по-горе, трите етапа на изпитването протичат върху една област от въжето. От проведените изследвания са отчетени следните резултати:

3.1. Изпитване на опън на еластично въже до разкъсване на външната част на външната обвивка

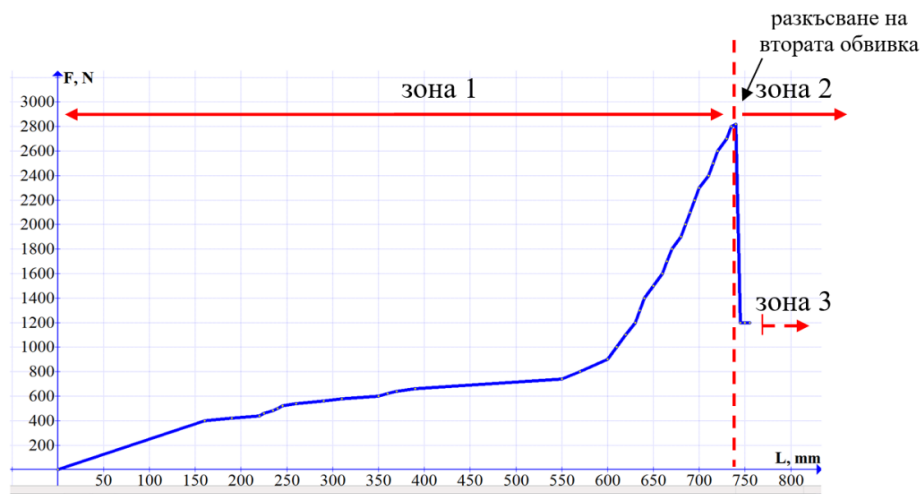
Първата обвивка загубва максималния си ресурс при натоварване 2800 N и относително удължение $A = 867\%$ ($L_o = 70\text{ mm}$, $L_u = 677\text{ mm}$) (фиг. 6 зона 2). При тези стойности втората обвивка запазва ресурса и работоспособността си, като съпротивлението на опън спада до 1300 N (фиг. 6 зона 3).



Фигура 6. Диаграма за изпитване на опън на еластично въже, до разкъсване на външната част на обвивка

3.2. Изпитване на опън еластично въже до разкъсване на вътрешна част на външната обвивка

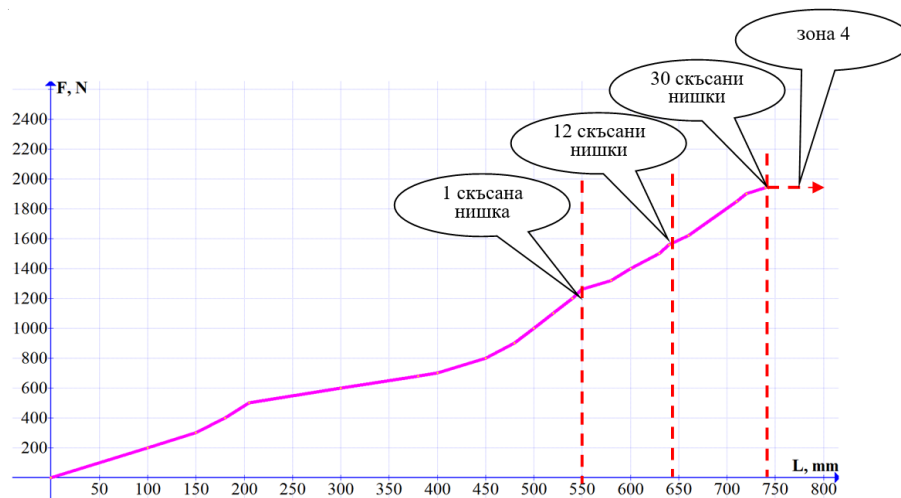
Втория етап от изпитанието е до разрушаване на втората обвивка при относително удължение $A = 1738 \%$ ($L_o = 40 \text{ mm}$, $L_u = 735 \text{ mm}$) от изходно ненапрегнато състояние и максимално съпротивление на опън $Fm = 2850 \text{ N}$. След тази стойност настъпва разкъсване на втората обвивка (фиг. 7 зона 2), като съпротивлението на опън спада до 1300 N и работоспособността на въжето се дължи само на гумената сърцевина (фиг. 7 зона 3).



Фигура 7. Диаграма за изпитване на опън на еластично въже, до разкъсване на вътрешната част на обвивката

3.3. Изпитване на опън сърцевината на еластичното въже

Последния етап е изпитване на опън на гумената сърцевина, като първата нишка се разкъсва при $Fm = 1300 \text{ N}$. Изпитанието завършва при 30 броя скъсани нишки и натоварване $Fm = 1800 \text{ N}$. Относителното удължение при това натоварване е $A = 1763 \%$ ($L_o = 40 \text{ mm}$, $L_u = 745 \text{ mm}$) (фиг. 8).



Фигура 8. Диаграма за изпитване на опън на еластично въже, до разкъсване на гумената сърцевина

3. Заключение

- Изследваният обект еластично въже е изградено от гумена сърцевина и двойна външна обвивка от висококачествена полиамидна тъкан, с високи якостни и еластични характеристики.
- Вътрешната част на външната обвивка е с по-високи механични характеристики (издържа до натоварване 2850 N и относително удължение $A = 1738\%$), за разлика от външната $A = 867\%$), което показва, че използването на този вид еластично въже има двойна защита, което от своя страна дава възможност за своевременна намеса при случай на инцидент.
- От направените изследвания се установи, че изследваният обект – еластично въже, продукт на немската компания JUMBO-Textil е подходящо за използване за спасителни съоръжения в корабната индустрия.

Литература

1. WANG, Wen-Ching. Safety elastic rope. U.S. Patent No 7,827,895, 2010.
2. Bernitsas M., Kekridis S., Papoulias A. Solution of the problem of ship towing by elastic rope using perturbation. Journal of ship research, 30.1., 1986
3. <https://www.jumbo-textil.de/en/products/braiding/>
4. Stoyanova, A. M., Mechkarova, T.M., Argirov, Y.B., Konsulova-Bakalova, M.I., Atanasov, N.M.et al. Study of structure and physico-mechanical properties of welding joints on vessel tank of austenite steel SS316, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020
5. Ruseva G. PhD., Argirov Y., ' Research of Mechanical and Corrosion Characteristics of Alloy Wheels from AlSi7Mg ', "XXV International scientific and technical conference "Foundry", ISSN 2535 – 0188, ISSUE 2, pp 32-33, April 2018
6. Georgiev G., Argirov Y., Dimitrov D., "Investigation of the fatigue strength and development of cracks in duplex steel 2507", International Journal "NDT Days" Volume 1, Issue 4, ISSN: 2603-4018 s 520-525, Year 2018