

Comparison of selected strength tests of glasses frames made of composite reinforced with natural fiber and polymer material

Porównanie wybranych badań wytrzymałościowych opraw okularowych wykonanych z kompozytu zbrojonego włóknem naturalnym oraz z tworzywa polimerowego

ŁUKASZ BĄK
PATRYCJA EWA JAGIEŁOWICZ
PIOTR POŁOWNIAK
KAMA WIŚNIEWSKA
PATRYK WIŚNIEWSKI
PIOTR NIECKARZ *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2023.8-9.16>

The article presents selected strength tests of glasses frames made of a composite reinforced with natural fiber. In addition, one test sample was commercial frames made of polymer material. The tests included: temple bending, three-point bending of the temples, bending of the temple ends and low-cycle fatigue test of the frame-temple connection.

KEYWORDS: strength tests of glasses elements, glasses frames, natural fiber reinforced composite

W artykule omówiono wybrane przeprowadzone badania wytrzymałościowe opraw okularowych wykonanych z kompozytu zbrojonego włóknem naturalnym. Dodatkowo jedną badaną próbką były oprawy handlowe wykonane z tworzywa polimerowego. Badania obejmowały: rozginanie zauszników, zginanie trójpunktowe zauszników, odginanie końcówek zauszników oraz badanie zmęczeniowe niskocyklowe połączenia oprawy z zausznikiem.

SŁOWA KLUCZOWE: badania wytrzymałościowe elementów okularów, oprawy okularowe, kompozyt zbrojony włóknem naturalnym

Oprawy okularów wykonuje się z różnych materiałów, np. z tworzyw polimerowych, stali nierdzewnej, metali żelaznych i ich stopów, drewna, bambusu, rogu bawolego czy kamieni szlachetnych. Oferowane są w wielu wzorach i stylach [1, 2]. Nowatorskim pomysłem jest wykonanie opraw okularów z kompozytu zbrojonego tkaniną z włókien naturalnych na osnowie z żywicy epoksydowej [3]. Wśród badań trwałości mechanicznej opraw okularów norma [4] uwzględnia odkształcenia mostka oraz ich trwałość ze względu na złamanie lub pęknięcia oprawy i stałość położenia zauszników. Zostały w niej też omówione: odporność na

pot, zapłon i promieniowanie optyczne oraz badania stabilności wymiarów w podwyższonej temperaturze. W publikacji [5] przedstawiono prototypową wersję urządzenia do badania odporności opraw przy czynności zakładania i zdejmowania okularów z twarzy zgodnie z normą [6]. W niniejszym artykule przedstawiono wybrane badania wytrzymałościowe opraw okularowych wykonanych z kompozytu zbrojonego włóknem naturalnym. Dodatkowo, w celu porównania, jedną badaną próbką były oprawy handlowe wykonane z tworzywa polimerowego. Badania obejmowały rozginanie zauszników, zginanie trójpunktowe zauszników, odginanie końcówek zauszników oraz badanie zmęczeniowe niskocyklowe połączenia oprawy z zausznikiem. Badania przeprowadzono w temperaturze ok. 22° przy wilgotności względnej otoczenia ok. 35%.

Oprawy okularowe wykonane z kompozytu zbrojonego tkaniną z włókien naturalnych

Oprawy okularowe zostały wykonane z kompozytu zbrojonego tkaniną z włókien naturalnych na osnowie z żywicy epoksydowej. Zarówno fronty, jak i zauszniki zostały wykonane metodą infuzji. Metoda ta polega na ułożeniu pakietu (tkanin przyszłego kompozytu oraz materiałów zużywalnych), armatury do transportu żywicy na powierzchni formy, uszczelnieniu za pomocą worka próżniowego, a następnie nasyceniu żywicą. Żywica przesącza pakiet pod wpływem działania podciśnienia wewnątrz worka próżniowego. Po przesączeniu żywicą pakiet jest odizolowany od środowiska zewnętrznego przez zamknięcie zaworów na armaturze doprowadzającej żywicę, a następnie dochodzi do zestalenia żywicy i konsolidacji kompozytu. Elementy

* Dr inż. Łukasz Bąk – lbak@prz.edu.pl, <https://orcid.org/0000-0001-8164-3160> – Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Rzeszów, Polska

Dr inż. Patrycja Ewa Jagiełowicz – pejagielowicz@prz.edu.pl, <https://orcid.org/0000-0003-0151-9405> – Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Rzeszów, Polska

Dr inż. Piotr Połowniak – ppolowniak@prz.edu.pl, <https://orcid.org/0000-0002-6199-1296> – Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Rzeszów, Polska

Inż. Kama Wiśniewska – pracowniaalternatywna@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-8173-8018> – ARTidote Design Studio, Mielec, Polska

Mgr inż. Patryk Wiśniewski – patryk@basara.pl, <https://orcid.org/0009-0007-6571-3238> – PPH S.C. BASARA, Mielec, Polska

Mgr inż. Piotr Nieckarz – <https://orcid.org/0009-0004-4717-4005> – PPH S.C. BASARA, Mielec, Polska

wykonane z kompozytu zbrojonego włóknem podlegają obróbce mechanicznej i powierzchniowej w celu uzyskania pożądanej geometrii oprawek.

Wyznaczenie charakterystyki rozginania zausznika

Badanie rozginania zauszników pozwala określić graniczną siłę, jaką można wyrzucić na zauszniki podczas ich otwierania, aby nie doszło do trwałego uszkodzenia oprawy. Do badania użyto maszynę wytrzymałościową oraz uchwyty specjalne. Pomiar przemieszczenia realizowano za pomocą odczytu przemieszczenia trawersy maszyny. Do badań wykorzystano oprawy, które umieszczono w specjalnych,

przegubowych uchwytach (rys. 1a, 1b). Dla każdej próby rozstaw zauszników zamocowanych w uchwycie był równy odległości zauszników znajdujących się w pozycji otwartej. W trakcie badania prędkość przesuwu trawersy była stała i wynosiła 200 mm/min do momentu zniszczenia oprawy. Na rys. 1c i rys. 2c pokazano stan opraw po badaniu. Przeprowadzone badanie pozwoliło otrzymać charakterystykę siły rozginającej w funkcji przemieszczenia (rys. 3).

W trakcie rozginania po przekroczeniu pewnej wartości siły (~ 20 N) następowało trwałe odkształcenie metalowych zawiasów łączących front oprawy z zausznikami. We wszystkich przeprowadzonych próbach oprawy zbrojone włóknem naturalnym ulegały zniszczeniu poprzez złamanie końcówki zausznika,

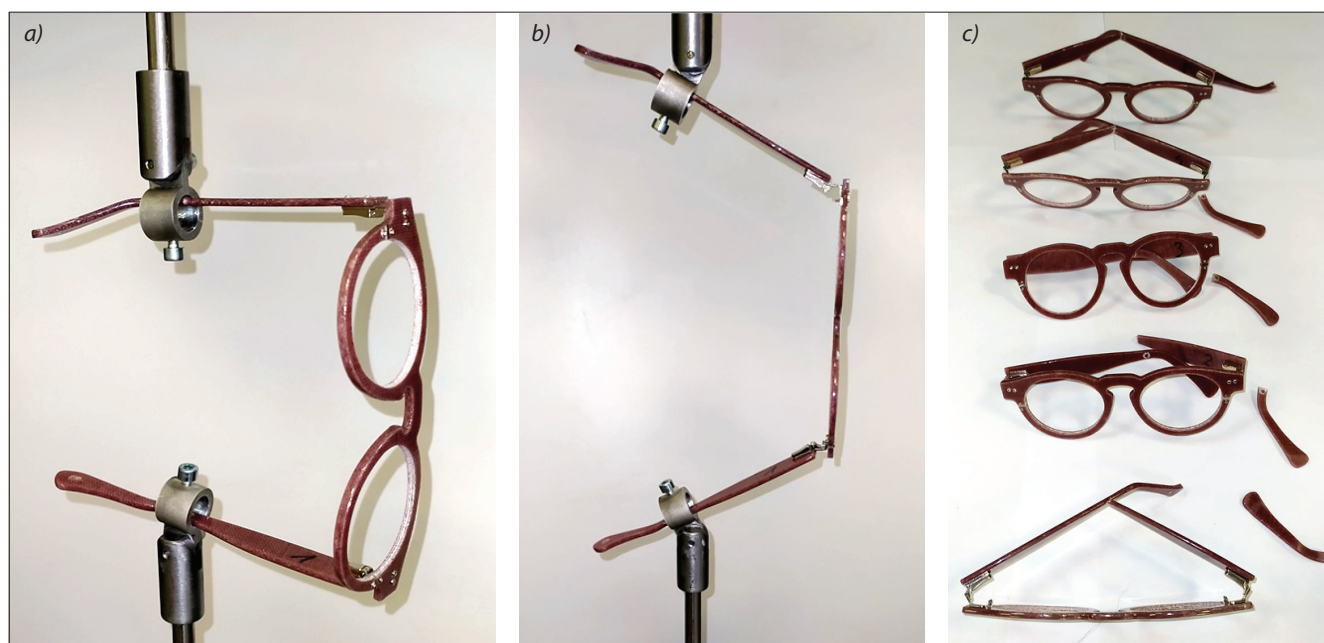


Fig. 1. View of the frame reinforced with organic fiber: a) after mounting in the holder, b) during the tests, c) after the tests
Rys. 1. Oprawa zbrojona włóknem naturalnym: a) po zamocowaniu w uchwycie, b) w trakcie badania, c) po badaniu

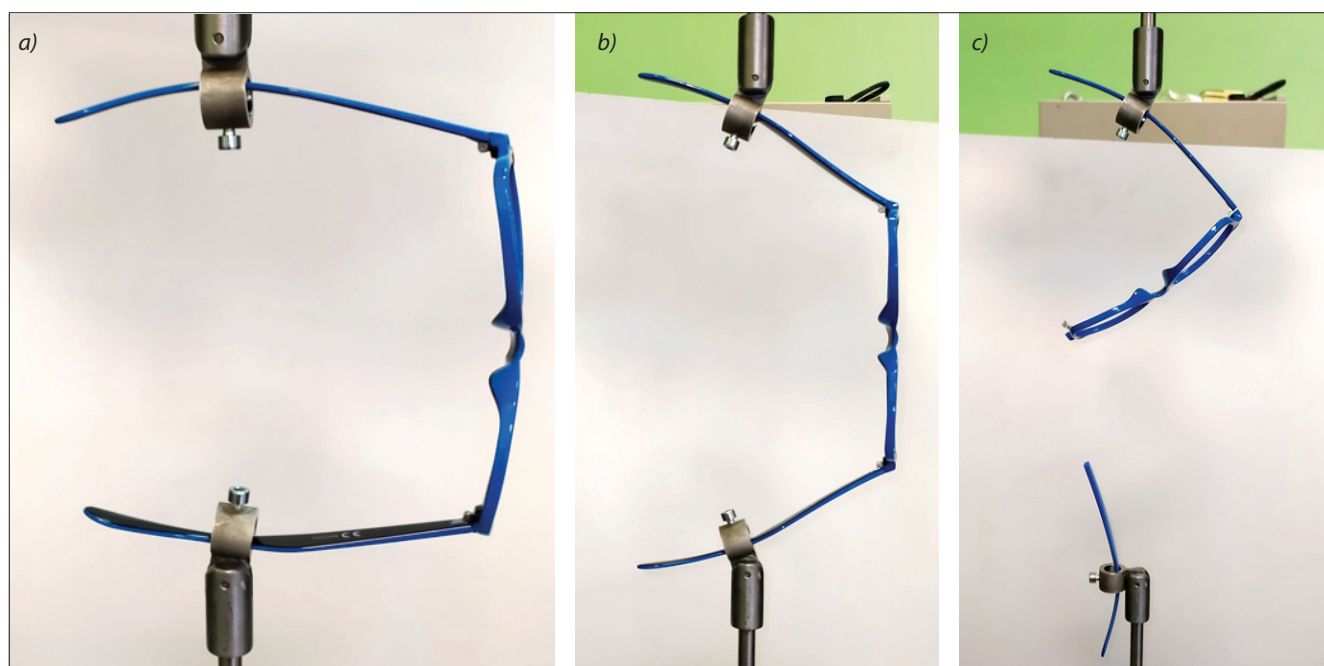


Fig. 2. View of the polymer plastic frame: a) after mounting in the holder, b) during the test, c) after the test
Rys. 2. Oprawa z tworzywa polimerowego: a) po zamocowaniu w uchwycie, b) w trakcie badania, c) po badaniu

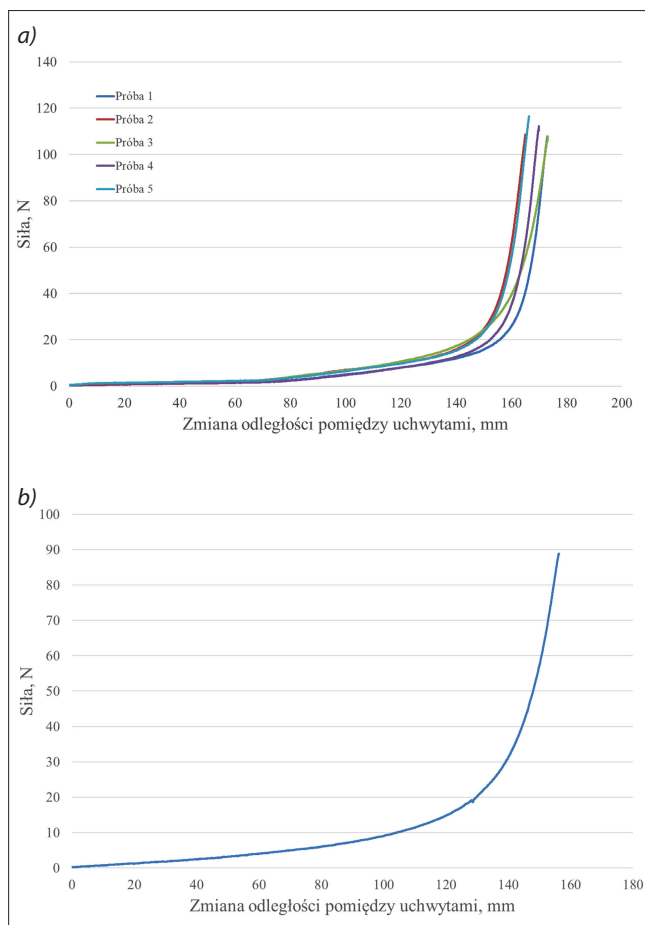


Fig. 3. Temple bending characteristics: a) made of composite reinforced with natural fiber, b) made of polymer material
Rys. 3. Charakterystyka rozginania zauszników: a) z kompozytu zbrojonego włóknem naturalnym, b) z tworzywa polimerowego

co było wynikiem nagłego wzrostu momentu gnącego w obszarze mocowania. Średnia wartość siły niszczonej w przeprowadzonej próbie wynosiła 110 N. Natomiast dla opraw handlowych zniszczeniu ulegały zawiasy. Wartość siły niszczonej w przeprowadzonej próbie wynosiła 88,9 N.

Zginanie trójpunktowe zausznika

Badanie wykonano z użyciem maszyny wytrzymałościowej oraz przyrządu do realizacji próby zginania trójpunktowego. Celem badania było określenie sił i poziomu naprężeń prowadzących do uszkodzenia zausznika podczas zginania. Odległość podpór ustawiono na 30 mm, natomiast promień zaokrąglenia stempla oraz podpór wynosiły 5 mm. Za pomocą odczytu przemieszczenia trawersy maszyny zrealizowany został pomiar strzałki ugięcia. Zauszniki ustawiano na podporach tak, aby zmiana szerokości zausznika na całej długości pomiarowej była jak najmniejsza (rys. 4). Prędkość przesuwu trawersy była stała i równa 10 mm/min do momentu zniszczenia próbki. Na rys. 5 przedstawiono wygląd próbek po badaniu.

W wyniku przeprowadzonych prób uzyskano charakterystyki siły zginającej w funkcji strzałki ugięcia (rys. 6). W obszarze, w którym doszło do pęknięcia, można zauważyć zabielenie materiału.

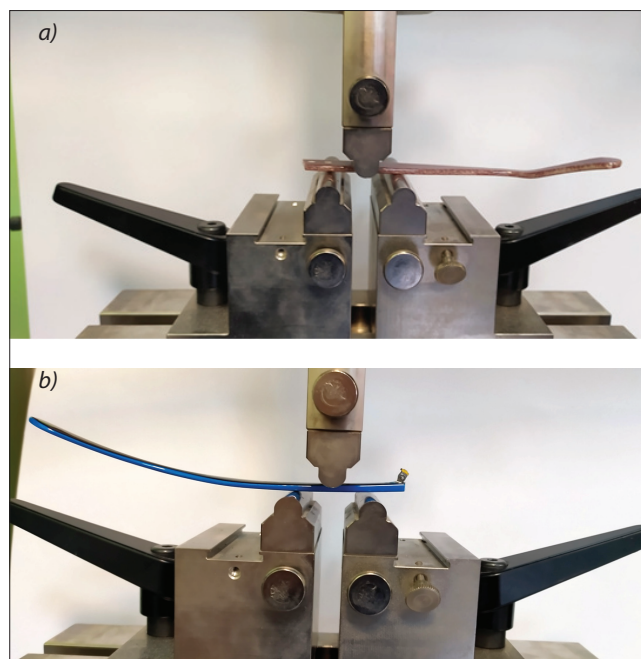


Fig. 4. View of the temple mounted in the holder: a) made of composite reinforced with natural fiber, b) made of polymer material
Rys. 4. Widok zamocowanego w uchwycie zausznika: a) z kompozytu zbrojonego włóknem naturalnym, b) z tworzywa polimerowego

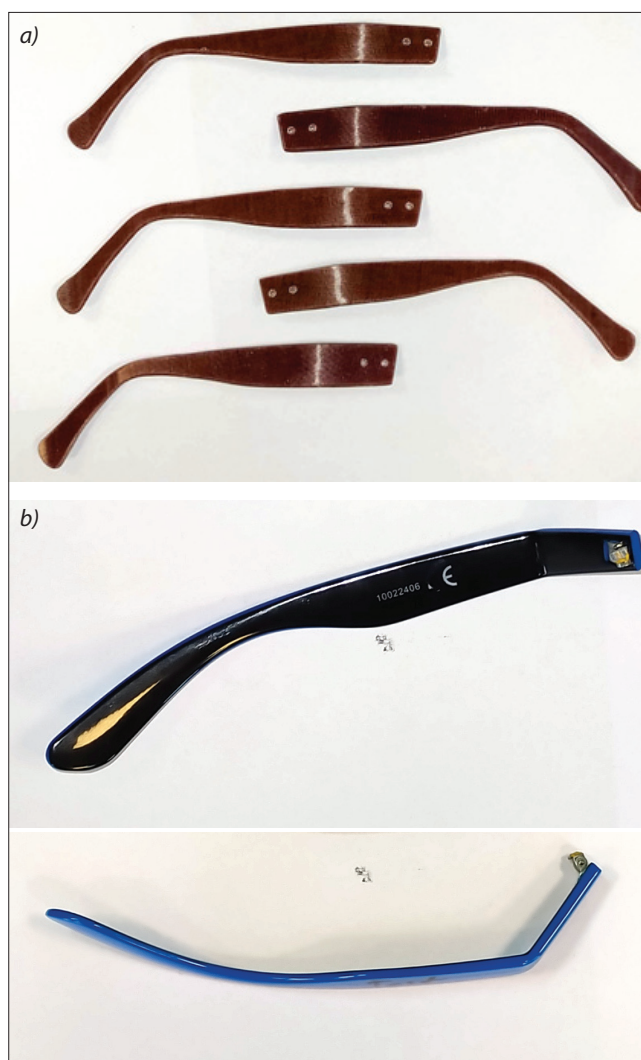


Fig. 5. View of the temples after the test: a) made of composite reinforced with natural fiber, b) made of polymer material
Rys. 5. Widok zauszników po realizacji badania: a) z kompozytu zbrojonego włóknem naturalnym, b) z tworzywa polimerowego

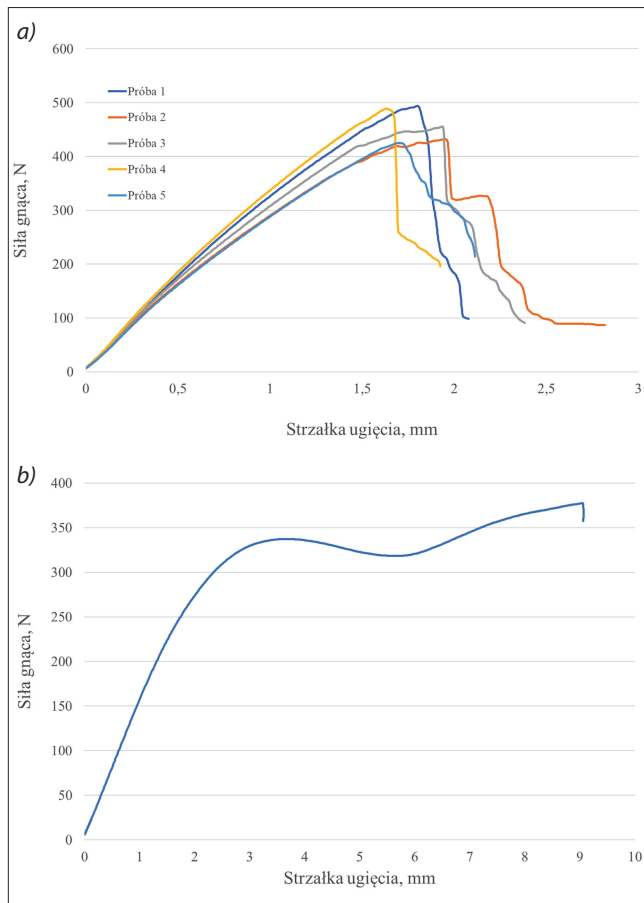


Fig. 6. Three-point temple bending characteristics of the: a) made of composite reinforced with natural fiber, b) made of polymer material
Rys. 6. Charakterystyka zginania trójpunktowego zausznika: a) z kompozytu zbrojonego włóknem naturalnym, b) z tworzywa polimerowego

Wyznaczanie charakterystyki odginania końcówki zausznika

Kolejne badanie określiło sztywność końcówki zausznika. Wpływa ona na stabilność obsadzenia oprawy podczas eksploatacji okularów. Badanie wykonano

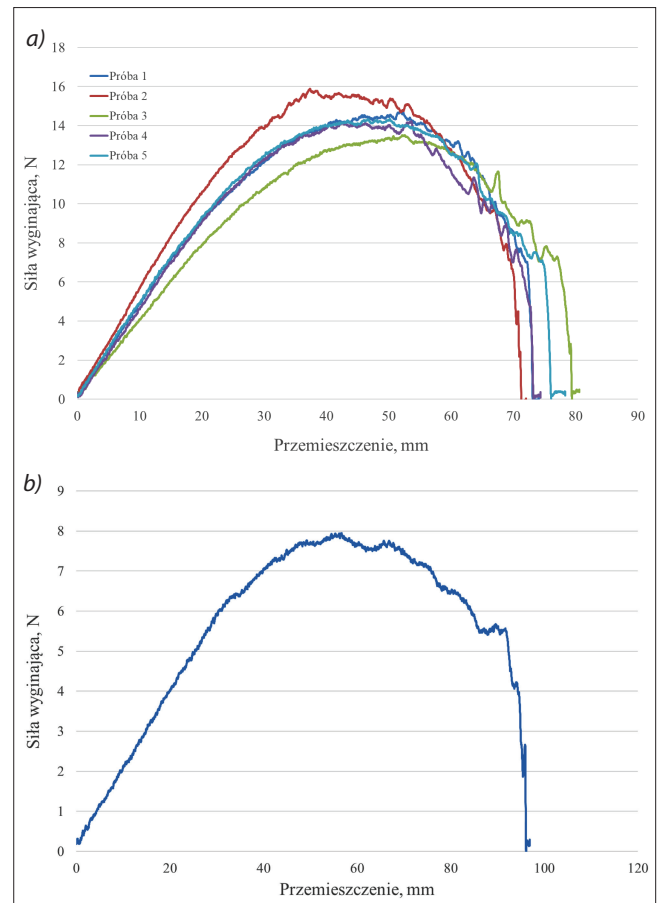


Fig. 8. Bending characteristics of the temple tip: a) made of composite reinforced with natural fiber, b) made of polymer material
Rys. 8. Charakterystyki odginania końcówki zausznika: a) z kompozytu zbrojonego włóknem naturalnym, b) z tworzywa polimerowego

z użyciem maszyny wytrzymałościowej oraz uchwytów specjalnych. Pomiar przemieszczenia realizowany był za pomocą odczytu przemieszczenia trawersy maszyny. Zausznik zamontowano w górnym uchwycie poprzez utwierdzenie w obszarze otworów montażowych zawiasu (rys. 7a). Poprzez imitujący podporę

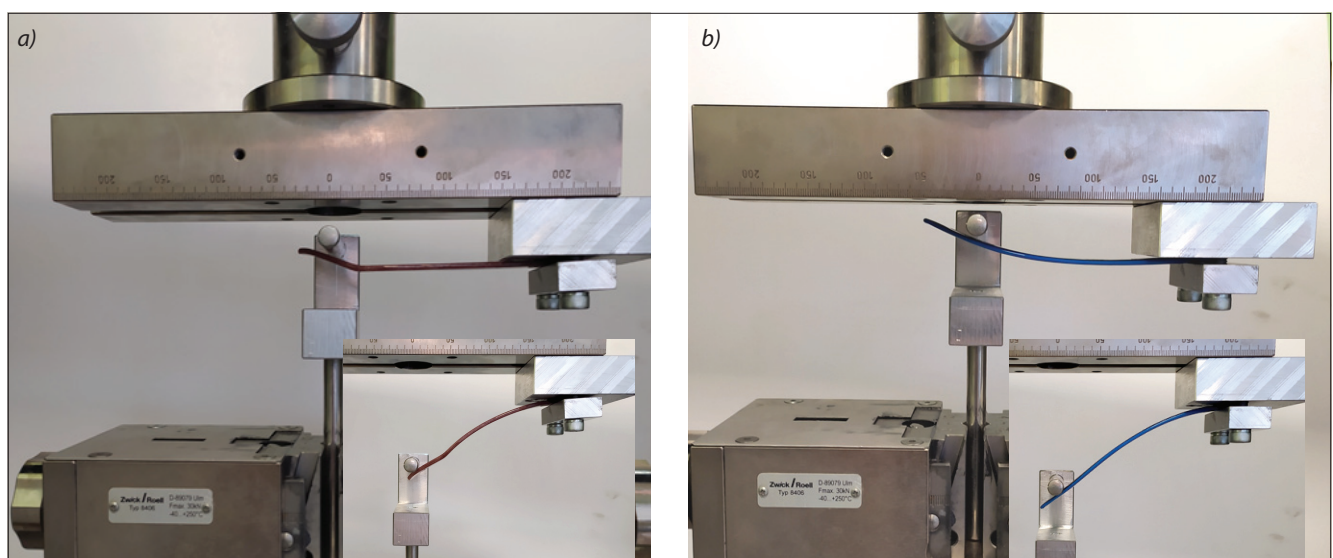


Fig. 7. View of the temple mounted in the holder of the testing machine and in the final phase of the test: a) made of composite reinforced with natural fiber, b) made of polymer material
Rys. 7. Zausznik zamocowany w uchwycie maszyny wytrzymałościowej i w końcowej fazie badania: a) z kompozytu zbrojonego włóknem naturalnym, b) z tworzywa polimerowego

przesuwną uchwyt dolny na końcówkę zausznika wywierana była siła wyginająca. Badanie realizowano ze stałą prędkością przesuwu trawersy równą 100 mm/min do momentu ześlizgnięcia się końcówki zausznika z dolnego uchwytu (rys. 7b). Badania pozwoliły uzyskać charakterystyki wyginania zauszników (rys. 8).

Próbki nie uległy pęknięciu ani trwałemu odkształceniu.

Badania zmęczeniowe niskocyklowe połączenia oprawy z zausznikiem

Pod kątem zużycia eksploatacyjnego, jakie może nastąpić podczas nadmiernego rozginania przy otwieraniu zauszników, przeprowadzono badanie zmęczeniowe niskocyklowe połączenia oprawy z zausznikiem (zawiasu). Badanie przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej wyposażonej w uchwyty specjalne. Zmierzono odległość pomiędzy końcówkami zauszników (tablica) oraz sprawdzano organoleptycznie stan zawiasów.

TABLE. Measurement results of the distance between the tips of the temples before and after fatigue tests

TABLICA. Wyniki pomiarów odległości pomiędzy końcówkami zauszników przed badaniami zmęczeniowymi i po nich

Oprawa	Nr próby	Odległość pomiędzy końcówkami zauszników przed badaniem [mm]	Odległość pomiędzy końcówkami zauszników po badaniu [mm]
Oprawa z włóknem naturalnym	1	95	96
	2	103	103
	3	95	95
	4	100	100
	5	106	107
Oprawa z materiału polimerowego	6	108	108

Na rys. 9a pokazano sposób umieszczenia oprawy w specjalnych, przegubowych uchwytach, w których zauszniki przyjęły swobodną, otwartą pozycję. Przyjęto stałą prędkość przesuwu trawersy równą 400 mm/min, dla amplitudy przemieszczenia 80 mm (rys. 9b). Pomiar przemieszczenia realizowano za pomocą odczytu przemieszczenia trawersy maszyny. Dla każdej próby realizowano 500 cykli rozginania. Następnie zdemontowano oprawę i sprawdzono odległości pomiędzy zausznikami oraz stan zawiasów. Na rys. 10 przedstawiono przykładowy cykl obciążenia i odciążenia oprawy.

Na podstawie przeprowadzonych badań zmęczeniowych dla opraw wykonanych z kompozytu z włóknem naturalnym zauważono, że odległość końcówek zauszników po realizacji badania dla trzech prób nie ulega zmianie, a dla pozostałych dwóch prób zwiększyła się o 1 mm (tablica). W przypadku oprawy handlowej nie zaobserwowano zmiany odległości końcówek zauszników. We wszystkich próbkach nie zaobserwowano żadnych zmian dotyczących zużycia badanych opraw.

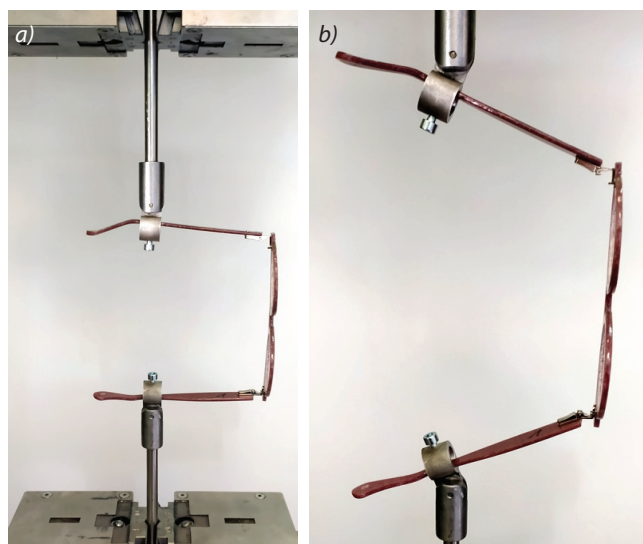


Fig. 9. View of the frame reinforced with natural fibre: a) mounted in a special holder, b) during the test

Rys. 9. Oprawa zbrojona włóknem naturalnym: a) zamocowana w uchwycie specjalnym, b) w trakcie badania

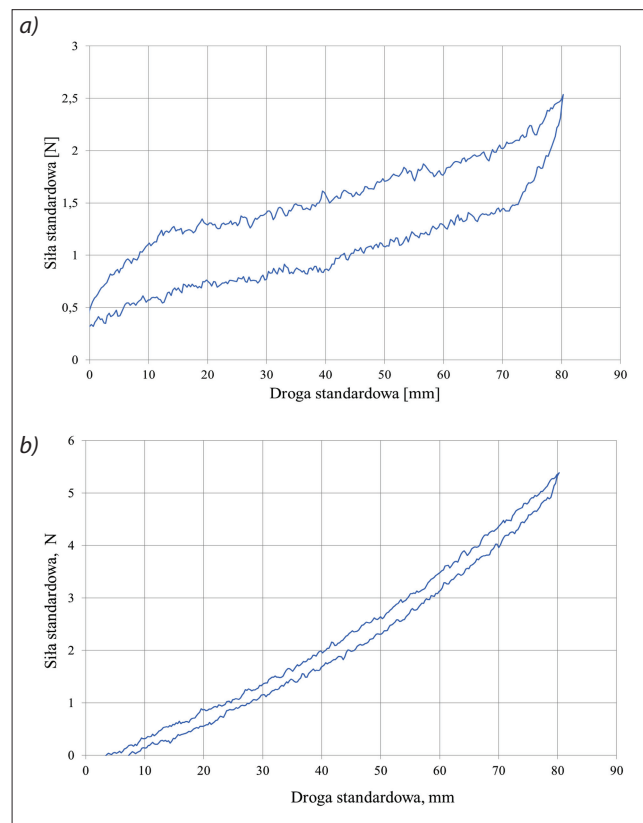


Fig. 10. An example of a load and unload cycle of a frame in a fatigue test

Rys. 10. Przykładowy cykl obciążenia i odciążenia oprawy w badaniu zmęczeniowym

Wnioski

Przedstawione wybrane badania wytrzymałościowe dla opraw okularów pozwalają przeprowadzić analizę podatności na uszkodzenia przy ich użytkowaniu, np. trwałe odkształcenia, pęknięcia, wykruszenia. Badanie rozginania zauszników pokazało, że istotnym elementem opraw są zawiasy, które ulegały trwałemu odkształceniu po przekroczeniu pewnej wartości siły. We wszystkich próbkach oprawy zbrojone włóknem

naturalnym ulegały zniszczeniu poprzez złamanie końcówki zausznika. Natomiast w przypadku opraw handlowych zniszczeniu ulegały zawiasy. Było to wynikiem nagłego wzrostu momentu gnącego w obszarze mocowania. Badanie trójpunktowe zginania zausznika miało na celu określenie sił prowadzących do uszkodzenia zausznika podczas zginania. Wyniki pokazały, że zausznik z kompozytu zbrojonego włóknem naturalnym charakteryzuje się większą siłą zginającą przy mniejszej strzałce ugięcia. Po osiągnięciu maksymalnej siły zginającej próbka ulega pęknięciu. W obszarze, w którym doszło do pęknięcia, można zauważyć zabielenie materiału. Natomiast zausznik wykonany z tworzywa polimerowego wykazywał większą wartość strzałki ugięcia przy mniejszej sile zginającej. Próbka stale się odkształcała do momentu pęknięcia materiału. Badanie odginania końcówek zauszników pozwoliło określić ich sztywność, co wpływa na stabilność osadzenia opraw podczas ich eksploatacji. Próby te pokazały, że zauszniki nie uległy pęknięciu, ani trwałemu odkształceniu. Badanie zmęczeniowe niskocyklowe połączenia oprawy z zausznikami pozwoliło sprawdzić zużycie eksploatacyjne, jakie może nastąpić podczas nadmiernego rozginania przy otwieraniu zauszników. Dla większości opraw wykonanych z kompozytu z włóknem naturalnym oraz dla oprawy z tworzywa polimerowego odległość końcówek zauszników nie uległa zmianie. Nie zaobserwowano żadnych zmian dotyczących zużycia badanych opraw.

Badania zostały wykonane w ramach umowy nr RPPK.01.02.00-18-0028/19-00, Projekt „Rozwój działalności B+R firmy BASARA poprzez opracowanie nowego innowacyjnego produktu”. Projekt współfinansowany z środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

LITERATURA

- [1] Gollus K. „Nowoczesne oprawy – wygodne i komfortowe dla klienta, kłopotliwe dla optyka”. *Optyka*. 3, 58 (2019): 34–36, [bwmeta1.element.baztech-06187e7a-790d-4d55-8f4a-03df185a78c7](https://doi.org/10.1515/pt-2019-0034).
- [2] Kupka D. „Środki ochrony narządu wzroku”. Warszawa Państwowa Inspekcja Pracy (2015).
- [3] Projekt „Rozwój działalności B+R firmy BASARA poprzez opracowanie nowego innowacyjnego produktu”. Umowa nr RPPK.01.02.00-18-0028/19-00. Projekt współfinansowany z środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.
- [4] PN-EN ISO 12870:2018-06 – wersja angielska. Optyka oftalmiczna – Oprawy okularowe – Wymagania i metody badań.
- [5] Musetti L.V., Ventura L. “Prototype for Testing Frames of Sunglasses”. In: Bastos-Filho T.F., de Oliveira Caldeira E.M., Frizera-Neto A. (eds). XXVII “Brazilian Congress on Biomedical Engineering. CBEB 2020”. IFMBE Proceedings. 83 (2022). https://doi.org/10.1007/978-3-030-70601-2_131.
- [6] PN-EN ISO 12311:2014-02 – wersja angielska. Środki ochrony indywidualnej – Metody badań okularów przeciwsłonecznych i odpowiadających im ochron oczu. ■