

**Katarzyna WITA<sup>1</sup>, Krzysztof CZAKON<sup>1</sup>, Maciej HAJDUGA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institut Inżynierii Tekstyliów i Materiałów Polimerowych, ATH, Bielsko-Biała

<sup>2</sup>Zakład Inżynierii Materiałowej, ATH, Bielsko-Biała

## **WŁASNOŚCI MECHANICZNE POKRYĆ OPERACYJNYCH STOŁÓW CHIRURGICZNYCH**

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono wyniki badań własności wytrzymałościowych tapicerskich pokryć sprzętu medycznego. Przedmiotem zainteresowania badawczego były operacyjne stoły chirurgiczne, zaś celem pracy jakość użytkowa tapicerek, okalających stoły chirurgiczne. Do badań wytypowano trzy różne pokrycia obiciowe. Zakres pracy obejmował wycięcie próbek z tapicerek zdemontowanych ze stołów chirurgicznych oraz przeprowadzenie stosownych badań i analiz. Wnioski formułowano na podstawie wyników z przeprowadzonych pomiarów.

**Słowa kluczowe:** pokrycia stołów chirurgicznych – skóra tapicerska, badania mechaniczne, tekstylia techniczne, odporność biologiczna

### 1. WSTĘP

Pokrycia stołów chirurgicznych zaliczane są do grupy materiałów, określanych jako tapicerstwo medyczne. Pod tym pojęciem rozumie się wszelkie tapicerki meblowe znajdujące się w placówkach medycznych, od poczekalni, aż po stoły operacyjne. Asortyment tych wyrobów jest bardzo szeroki i zróżnicowany. Z analizy literatury przedmiotu wynika, iż temat szeroko dyskutowany to dezynfekcja powierzchni pola operacyjnego [1,2]. Obecnie wiadomo, że drobnoustroje chorobotwórcze stanowią zagrożenie we wszystkich placówkach medycznych, niezależnie od skali i profilu świadczonych usług. Liczne publikacje dotyczące tego tematu szeroko opisują aseptykę pacjenta i personelu, a także działania prowadzące do zniszczenia i zahamowania rozwoju drobnoustrojów na sprzęcie medycznym [3,4]. Celem badań jest wyznaczenie wartości użytkowej tapicerek okalających stoły chirurgiczne. Pod pojęciem wartości użytkowej wyrobu rozumie się stopień, w jakim spełnia on określone potrzeby i kryteria ważne, z punktu widzenia jego przeznaczenia. W przypadku tapicerstwa medycznego najistotniejsze cechy to: biostatyczność, niepalność, paro przepuszczalność, antystatyczność, wodoszczelność, a także zawartość metali ciężkich. Istotna jest również odporność na: ścieranie, rozdzielanie, pot ludzki oraz światło UV.

Niektóre, szczególnie istotne cechy użytkowe określonego asortymentu wyrobów stanowią wymagania w świetle norm (międzynarodowych, europejskich, polskich) i są wtedy obligatoryjne. Określone wskaźniki odzwierciedlające poziom danej cechy wyznaczone są metodą znormalizowaną. Według prawa; tapicerskie wyroby medyczne różnego przeznaczenia muszą być zgodne z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dn. 3 listopada 2014 r. oraz spełniać wymogi Dyrektywy Rady 93/42/EWG z dn. 14 czerwca 1993 r. Ich treść dotyczy

bezpieczeństwa jakie powinny zapewniać wyżej wymienione wyroby pacjentom oraz osobom trzecim [5]. Zgodnie z Polskim Komitetem Normalizacyjnym tapicerstwo medyczne powinno stosować się do normy PN-EN ISO 13485:2002 – „Systemy jakości – wyroby medyczne – szczególne wymagania dotyczące stosowania”, opartej na normie zarządzania jakością ISO 9001 [6]. Powyższe treści informują jedynie o tym, jakie tapicerki mogą zostać wprowadzone na rynek. Obecnie dostępne publikacje, nie dyskutują o podjęciu jakichkolwiek prób wyznaczenia granicznego momentu, kiedy materiał tapicerski nie nadaje się do dalszej eksploatacji - momentu gdzie, zarówno pacjenci jak i personel medyczny mogą być narażeni na bezpośredni kontakt ze szkodliwymi czynnikami biologicznymi (wirusy, bakterie, grzyby) mogącymi znaleźć się w obszarze materiału okalającego stoły chirurgiczne.

## 2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Przedmiotem zainteresowania badawczego były operacyjne stoły chirurgiczne (rys.1). Cel pracy stanowiła ocena wartości użytkowej tapicerek, jako pokryć stołów chirurgicznych. Do badań wytypowano trzy różne materiały pokryciowe.



Rys. 1. Obiekt zainteresowania badawczego – operacyjny stół chirurgiczny

Zakres pracy obejmował wycięcie próbek z tapicerek zdemontowanych ze stołów chirurgicznych oraz przeprowadzenie stosownych badań i analiz:

- spektroskopową analizę składu surowcowego,
- wyznaczenie masy powierzchniowej - PN ISO 3801:1993,
- wyznaczenie odporności płaskich wyrobów na ścieranie metodą Martindale'a - PN-EN ISO 12945-2:2000,
- wyznaczenie przepuszczalności powietrza dla płaskich wyrobów materiałowych - PN-EN ISO 9237:1998,
- badanie odporności wybarwień tekstyliów na działanie potu kwaśnego i alkalicznego - PN-EN ISO 105-E04:2011,
- wyznaczenie wytrzymałości na rozdieranie - PN-EN ISO 13937-2:2002.



## 3. BADANE MATERIAŁY I METODYKA

### 3.1. Analiza spektroskopowa składu surowcowego i wyznaczenie masy powierzchniowej

Materiał badawczy stanowiły tapicerki pobrane z wyeksploatowanego sprzętu medycznego. Wycięto odpowiednie próbki z kilku miejsc surowca wg. odpowiednich norm.

Wytypowane do badań materiały poddano analizie spektroskopowej w celu ustalenia składu surowcowego. Materiały będące swego rodzaju „kompozytem” rozwarstwiono, otrzymując dwa osobne komponenty: stronę prawą i stronę lewą tapicerki. Przeprowadzono pomiary widm w zakresie średniej podczerwieni od 4000-400cm<sup>-1</sup> z użyciem spektrofotometru Nicolet 6700. Otrzymano wyniki w postaci widm dla prawej i lewej strony. Na ich podstawie ustalono skład poszczególnych materiałów. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Zestawienie składu surowcowego badanych układów tapicerskich

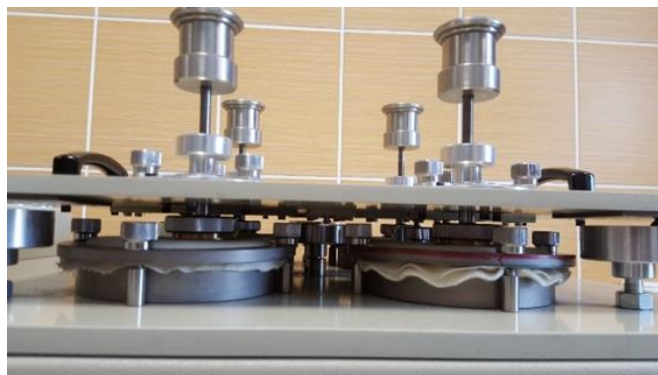
TAPICERKA I	TAPICERKA II	TAPICERKA III
 STRONA PRAWA - POWŁOKA: <b>POLIURETAN</b>	 STRONA PRAWA - POWŁOKA: <b>POLIURETAN</b>	 STRONA PRAWA - POWŁOKA: <b>ŻYWICA ALKIDOWA</b>
STRONA LEWA - NOŚNIK: <b>POLIAMID 6</b>	STRONA LEWA - NOŚNIK: <b>POLIESTER</b>	STRONA LEWA - NOŚNIK: <b>POLIESTER</b>
MASA POWIERZCHNIOWA: <b>6,393 m/g<sup>2</sup></b>	MASA POWIERZCHNIOWA: <b>8,747 m/g<sup>2</sup></b>	MASA POWIERZCHNIOWA: <b>5,236 m/g<sup>2</sup></b>

Wyznaczanie masy powierzchniowej badanych materiałów tapicerskich wykonano zgodnie z normą PN ISO 3801:1993 [7]. Dla każdego typu surowca przygotowano po pięć próbek o wymiarach 100x100mm. Próbkę zważono na wadze Radwag PS 750, z dokładnością do 0,001g.

### 3.2. Wyznaczanie odporności płaskich wyrobów na ścieranie metodą Martindale'a

Badanie odporności płaskich wyrobów na ścieranie wykonano metodą Martindale'a zgodnie z normą PN-EN ISO 12947-1:2000 [8]. Łącznie przygotowano dwanaście próbek w kształcie koła o średnicy Ø 38 mm. Podczas badania zamocowana w uchwycie próbka, poddawana jest ścieraniu do określonej liczby suwów. Liczba ta uzależniona jest od rodzaju wyrobu. Badane w pracy materiały tapicerskie stanowią grupę tekstyliów technicznych, dla których szacunkowy przedział kontrolny wynosi do 100 tysięcy cykli. Po przekroczeniu tej liczby materiał uznaje się za wysoko odporny na ścieranie.

Przedział kontrolny stanowiący liczbę suwów ścierania wykonano w sposób ciągły. Medium ścierającym było sukno wełniane o średnicy Ø 140 mm. Okrągłą próbkę umieszczono pod obciążeniem 795±7 g odpowiadającą ciśnieniu nominalnemu 12 kPa podczas ścierania (rys.3).

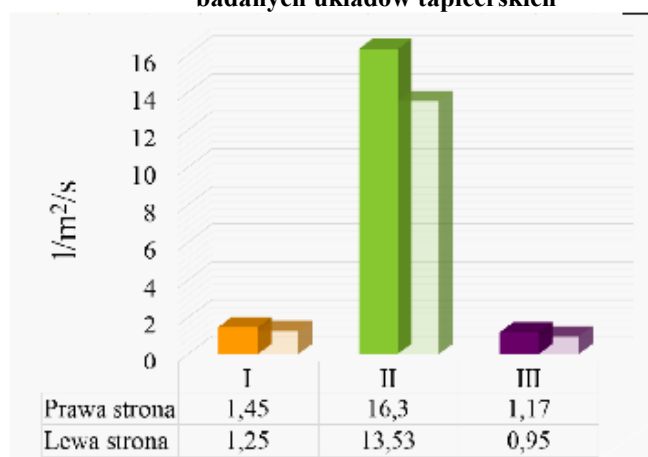


Rys. 3. Przyrząd Martindale'a

### 3.3. Wyznaczanie przepuszczalności powietrza wyrobów płaskich

Przepuszczalność powietrza wyznaczono aparaturą pomiarową FX 3300 Air Permeability Tester III zgodną z normą PN-EN ISO 9237:1998 [9]. Przygotowano piętnaście próbek w kształcie kwadratu o boku 100 mm. Przed badaniem próbki aklimatyzowano przez 48 h w warunkach temperatury pokojowej i ciśnieniu 1013 hPa. Mierzono ilość powietrza przechodzącego prostopadle przez powierzchnię wyrobu. Pomiar prowadzono w zacisku o polu 20 cm<sup>2</sup>. Dla każdej próbki wykonano cztery pomiary w różnych miejscach. Dwa po stronie prawej i dwa po stronie lewej, celem sprawdzenia jednorodności materiałów. Uśrednione wyniki podano w l/m<sup>2</sup>/s w tabeli 2.

Tab. 2. Wyniki badania przepuszczalności powietrza dla prawej i lewej strony badanych układów tapicerskich



### 3.4. Badanie odporności wybarwień tekstyliów na działanie potu kwaśnego i alkalicznego

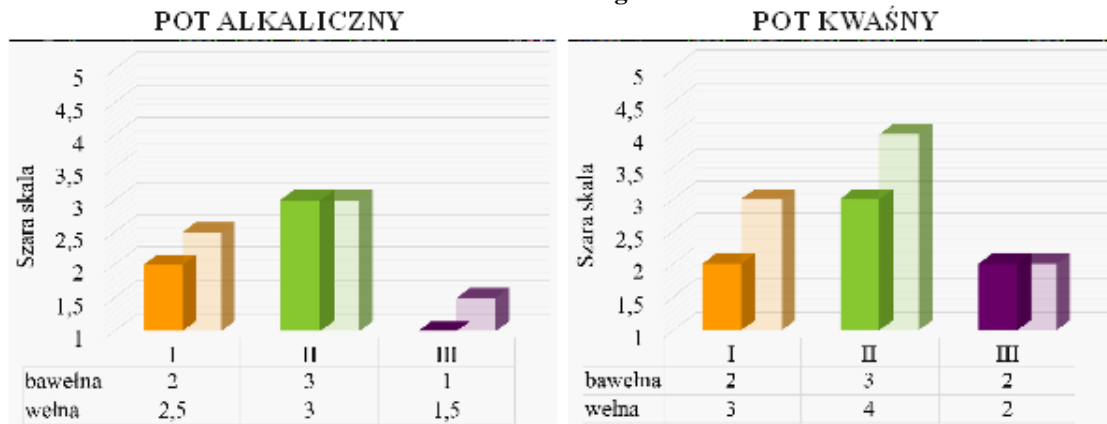
Badanie odporności wybarwień wyrobów włókienniczych na działanie potu ludzkiego przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 105-E04:2011 [10]. Przygotowano:

- próbki robocze; pokrycie tapicerskie o wymiarach 90 x 50 mm,
- tkaniny towarzyszące: bawełniane i wełniane w formie prostokątów o wymiarach 90 x 50 mm,
- roztwór alkaliczny pH 8 ( $\pm 0,2$ ),
- roztwór kwaśny pH 5,5 ( $\pm 0,2$ ).

Próbki robocze połączono z tkaninami towarzyszącymi zszywając je wzdłuż jednego z krótszych boków. Zachowano odpowiednią kolejność tj. tkanina bawełniana, badany materiał tapicerski, tkanina wełniana. Tak przygotowane piętnaście próbek poddano działaniu dwóch różnych roztworów. Zanurzono je w kąpielach kwaśnej i alkalicznej na czas 30 min. Następnie usunięto nadmiar płynu i umieszczono w suszarce w temp. 37°C pod obciążeniem 5 kg.

Opracowanie wyników polegało na obserwacji zmiany barwy każdej z próbek roboczych i zabrudzenia bieli tkanin towarzyszących, porównując je z pięciostopniową szarą skalą. Stopień 1 – najmniej odporny na działanie potu, stopień 5 – najbardziej odporny na działanie potu. Otrzymane wyniki uśredniono i przedstawiono w tabeli 3.

**Tab. 3. Wyniki badania odporności wybarwień tekstyliów na działanie potu kwaśnego i alkalicznego**

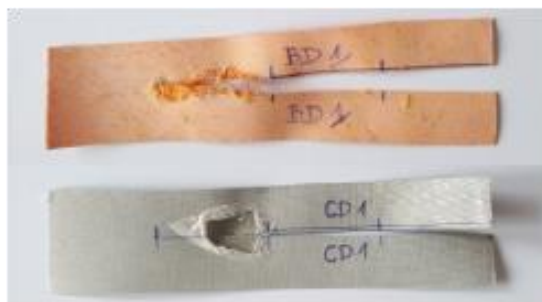


### 3.5. Wyznaczanie wytrzymałości na rozdzielanie

Badanie rozdzielania płaskich wyrobów wyznaczono metodą pojedynczego rozdzielania. Wyznaczanie siły rozdzielania próbek roboczych w kształcie spodni przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 13937-2:2002 [11]. Przygotowano dwa zestawy próbek, dla każdego z badanych układów tapicerskich. Wycięto po pięć próbek wzdłuż i w poprzek materiału.

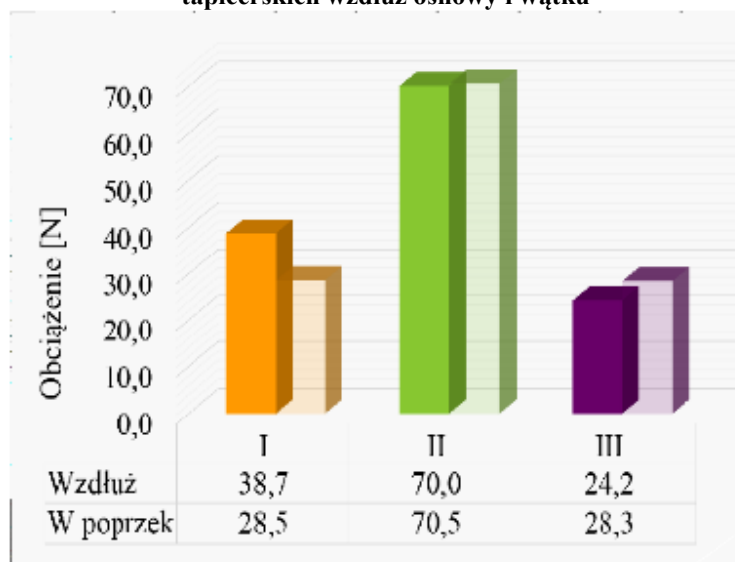
Prostokątną próbkę o wymiarach 50 x 200 mm przecięto pośrodku krótszej krawędzi. W ten sposób nadano jej kształt spodni. Każdą z nogawek zamontowano w zaciskach rozciągającej maszyny wytrzymałościowej. Podczas badania rejestrowano siłę rozdzielania.

Wyniki obliczono na podstawie wykresów rejestrowanych podczas badania, przedstawiających zależność obciążenia (N) od wydłużenia (%). Po skończonym badaniu próbki sfotografowano (rys.4). Uśrednione wartości sił rozdzielających dla wszystkich próbek przedstawiono w tabeli 4.



**Rys. 4. Wygląd przykładowych próbek po rozdzielaniu**

Tabela 4. Wyniki wytrzymałości na rozdzieranie materiałów tapicerskich wzdłuż osnowy i wątku



#### 4. Dyskusja wyników

Przegląd literatury pozwolił zauważyć znaczącą ilość artykułów w temacie dezynfekcji i sterylizacji w obszarze pomieszczeń lekarskich. Liczne publikacje szczegółowo opisują aseptykę pacjenta i personelu, a także działania, prowadzące do zniszczenia i zahamowania rozwoju drobnoustrojów na sprzęcie medycznym. Stwierdzono jednak zupełne pominięcie tapicerek medycznych w tym temacie. Następnie stwierdzono, brak informacji dotyczących wartości użytkowej pokryć tapicerskich stołów chirurgicznych. Zaobserwowano również brak stosownych informacji w dziedzinie szeroko pojętego tapicerstwa medycznego [1-4,13].

Ponadto nie znaleziono odpowiednich norm polskich, mówiących o dopuszczalnym składzie czy właściwościach jakimi powinny cechować się układy tapicerskie wykorzystywane w medycynie. Po dogłębnej weryfikacji ustalono, że tapicerskie wyroby medyczne różnego przeznaczenia muszą być zgodne z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dn. 3 listopada 2014 r. oraz spełniać wymogi Dyrektywy Rady 93/42/EWG z dn. 14 czerwca 1993 r.

Współczesne techniki sterylizacji i obowiązujące w obszarze sal zabiegowych – operacyjnych, procedury dezynfekcji nie są na tyle wystarczające, aby wyeliminować ryzyko występowania zakażenia. Problem szczególnie dotyczy pacjentów w stanach niedoboru odporności, a także w trakcie zabiegu lub operacji. Wcześniejsze badania medycznych pokryć tapicerskich, dostarczyły informacji o rozwoju i bytowaniu bakterii głównie w miejscach ich uszkodzeń [12]. Na tej podstawie stwierdzono potrzebę przeprowadzenia badań w zakresie wytrzymałości mechanicznej oraz chemicznej. Przedmiotem zainteresowania badawczego były operacyjne stoły chirurgiczne, a dokładniej ich pokrycia, które otrzymano z firmy zajmującej się renowacją sprzętu medycznego. Spośród udostępnionych pokryć tapicerskich wybrano najbardziej odpowiednie do badań. Uwzględniając m.in. takie wady jak: przerwanie ciągłości materiału, marszczenia, przetarcia, błędy struktury warstwy wierzchniej. Finalnie wytypowano trzy tapicerki zdemontowane z ze stołów chirurgicznych, na których przeprowadzono badania.

Pozyskane materiały w pierwszej kolejności poddano analizie spektroskopowej w celu ustalenia składu surowcowego. Na podstawie uzyskanych widm stwierdzono, że materiały tapicerskie składają się z poliuretanu, poliestru, poliamidu 6 i żywicy alkidowej. Wyniki wyznaczania masy powierzchniowej mieszczą się w przedziale od 5,236 do 8,747 m/g<sup>2</sup>.

Wszystkie badane układy tapicerskie przekroczyły liczbę 100000 cykli bez wyraźnego uszkodzenia struktury materiału. Taka ilość wykonanych suwów kwalifikuje wszystkie badane

tapicerki do uznania ich za wysoko odporne na ścieranie. Można zatem wnosić, że codzienna eksploatacja pokryć operacyjnych stołów chirurgicznych nie spowoduje zniszczenia mechanicznego. Wykonano następnie badania wytrzymałości na rozdzieranie. Próba zalicza je do materiałów włókienniczych wysoko wytrzymałych. Najwyższa uzyskana wartość – 70,5N wynika z zastosowania innego rodzaju łączenia kolejnych warstw materiału tapicerskiego (powłoki z łącznikiem), w trakcie produkcji. Na tym etapie ustalono, iż zaobserwowane uszkodzenia mechaniczne pokryć nie wynikają z ich odporności na ścieranie bądź rozdarcie.

W celu wyjaśnienia powyższego problemu kolejno przeprowadzono badanie przepuszczalności powietrza. Rejestrowane wartości wydatków powietrza mieszczą się w zakresie 0,95 - 16,3 l/m<sup>2</sup>/s. Jest to wynik bliski zeru świadczący, można powiedzieć, o braku jakiegokolwiek przepuszczalności. Według PN-EN ISO 9237:1998 dobra przepuszczalność powietrza dla tekstyliów technicznych powinna wynosić od 100 l/m<sup>2</sup>/s. Brak przepuszczalności powietrza potęguje nadmierną produkcję potu ludzkiego co ma niewątpliwie korzystny wpływ na rozwój patogenów mogących stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka.

W związku z powyższym podjęto próbę ustalenia, jak działa pot ludzki, na badane układy tapicerskie. Analiza wyników polegała na porównaniu próbek po badaniu z szarą skalą. Uzyskane wartości 2 – dla potu alkalicznego i 3 – dla potu kwaśnego, świadczą o niskiej odporności wybarwień badanych materiałów tapicerskich. Stwierdzono, że oddziaływanie zarówno kwaśnego jak i alkalicznego medium powoduje uszkodzenia osnowy. W konsekwencji przerwanie ciągłości materiału tekstylnego. Zauważono też: przebarwienia, pęknięcia pokryć oraz ich przetarcia. Wnosić można, iż pot ludzki stanowi główne źródło defektów na powierzchni tapicerek sprzętu medycznego. Efekt ten jest nasilony również znikomą przepuszczalnością powietrza. W konsekwencji powstające uszkodzenia stanowią potencjalne miejsce na lokalny rozwój chorobotwórczych patogenów.

## 5. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz można wnosić:

- wszystkie badane materiały płaskie odznaczają się bardzo dobrą odpornością na ścieranie;
- sposób połączenia warstw materiału tapicerskiego warunkuje jego wytrzymałość na rozdzieranie;
- tapicerki medyczne, stosowane jako pokrycia operacyjnych stołów chirurgicznych, wykazują minimalną – nie wystarczającą przepuszczalność powietrza;
- brak przepuszczalności pary wodnej wywołuje nadmierną produkcję potu ludzkiego powodując – uszkodzenie struktury materiału tapicerskiego.

## LITERATURA:

- [1] Ciuruś M.: Dezynfekcja i sterylizacja – podstawowe elementy zapewnienia pacjentowi bezpieczeństwa. Zakażenia, Tom 13 nr 2, 2013, s. 6-11.
- [2] Dulny G., Lejbrandt E.: Higiena w placówkach opieki medycznej. Fachowy poradnik dla zarządzających placówkami opieki medycznej oraz lekarzy. Wydawnictwo Verlag Dashöfer, 2014.
- [3] Dzierżanowska D. i wsp.: Zakażenia szpitalne. Medica Press, 2008, s. 436.
- [4] Rogalewicz R.: Najnowsze rozwiązania w zakresie środków dezynfekcyjnych. Dent. Forum, nr 38, 2010, s. 91-96.
- [5] Dyrektywa Rady 93/42/EWG z dn. 14 czerwca 1993 r. zgodna z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 3 listopada 2014 r. w sprawie wyrobów medycznych.

- [6] PN-EN ISO 13485, POLSKA NORMA, Systemy jakości – wyroby medyczne - szczególne wymagania dotyczące stosowania, 2002.
- [7] PN ISO 3801, POLSKA NORMA, Wyznaczanie masy powierzchniowej, 1993.
- [8] PN-EN ISO 12945-2, POLSKA NORMA, Wyznaczanie odporności płaskich wyrobów na ścieranie metodą Martindale’a, 2000.
- [9] PN-EN ISO 9237, POLSKA NORMA, Wyznaczanie przepuszczalności powietrza płaskich wyrobów, 1998.
- [10] PN-EN ISO 105-E04, POLSKA NORMA, Badanie odporności wybarwień na działanie potu kwaśnego i alkalicznego, 2011.
- [11] PN-EN ISO 13937-2, POLSKA NORMA, Wyznaczanie wytrzymałości na rozdzieranie, 2002.
- [12] Wita K. i wsp.: Wartość użytkowa i odporność aseptyczna pokryw foteli dentystycznych. Aktualne Problemy Biomechaniki, nr 12, Zabrze 2017, s. 89-95.
- [13] Mangala J., Anasuya R.: Antimicrobial textiles based on metal and metal oxide nanoparticles. Nanomaterials in the Wet Processing of Textiles, Chapter 2, 2018 s. 71-111.

## **MECHANICAL PROPERTIES OF OPERATING COVERS FOR SURGICAL TABLES**

**Abstract:** The paper presents the results of research on strength properties of medical equipment covers. The subject of research interest were surgical operating tables. The aim of the work was to assess the utility value of upholstery surrounding surgical tables. Three different covers were selected for the tests. The scope of work included cutting out samples from upholstery dismantled from surgical tables and carrying out selected tests and analyzes. The conclusions were based on the results of the measurements carried out.