

# ZESZYTY STUDENCKICH KÓŁ NAUKOWYCH

## **Analiza materiałów oraz systemów wykorzystywanych w podszwach butów siatkarskich**

A. Janoszka<sup>a</sup>, M. Kulik<sup>a</sup>, R. Wiśniewska<sup>a</sup>, T. Tański<sup>b</sup>, D. Łukowiec<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Studenci Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych  
email: annajan415@student.polsl.pl

<sup>b</sup> Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych,  
email: tomasz.tanski@polsl.pl

**Streszczenie:** W poniższej pracy przedstawiono porównanie materiałów oraz systemów wykorzystywanych w podszwach butów siatkarskich. Badania przeprowadzono przy pomocy spektroskopii w podczerwieni FTIR oraz w oparciu o przegląd piśmiennictwa dla dwóch wiodących marek butów siatkarskich.

**Abstract:** The paper presents comparison of materials and systems used in volleyball shoes sole's. Researches were made with Fourier Transform Infrared Spectroscopy method and based on a literature review for two leading brands of volleyball shoes.

**Słowa kluczowe:** siatkówka, buty, podszwa, analiza, FTIR, materiały

### **1. WPROWADZENIE**

Profesjonalne buty do siatkówki to podstawa udanego i bezpiecznego treningu, muszą więc być dostosowane do fizjonomii stóp sportowca. Siatkarze wykonują na boisku mnóstwo nagłych i kontuzjogennych ruchów, dlatego też buty do siatkówki powinny spełniać szereg różnych wymagań. Od takiego obuwia wymaga się głównie wsparcia i stabilizacji, nie tylko podczas biegu, ale przede wszystkim podczas szybkich zwrotów i wyskoków. Kluczową rolę odgrywa tutaj podszwa buta. Do gry w piłkę siatkową przeznaczone są buty siatkarskie z gumową podszwą. Nie tylko nie uszkodzają one nawierzchni na halach sportowych, ale w głównej mierze zapewniają zawodnikowi odpowiednią przyczepność do podłoża, co sprawia, że but się nie ślizga oraz zwiększa dynamikę. Ma to znaczący wpływ na bezpieczeństwo, ale również skuteczność. Zawodnik może dzięki temu szybciej startować oraz hamować, a także poruszać się w różnych kierunkach z większą szybkością. Podeszwy butów przeznaczonych do gry w siatkówkę zaprojektowane są tak, aby zapewnić zawodnikowi wsparcie śródstopia, a więc miejsca stopy, które zawodnik wykorzystuje najczęściej podczas dynamicznych przemieszczeń. Tzw. śródpodeszwa wraz ze specjalną wyściółką wewnątrz buta jest dość gruba, a jej zadaniem jest zmniejszenie ryzyka kontuzji oraz maksymalne pochłonięcie wstrząsów od ciągłego skakania i lądowania na twardej powierzchni hali. W takich

przypadkach najbardziej narażona na kontuzje jest kość piętowa, a szczególnie guz piętowy, który nie tylko stanowi punkt podparcia stopy, ale również do niego przymocowane jest ścięgno mięśnia trójgłowego łydki. Podeszwa buta siatkarskiego powinna więc zminimalizować odczuwanie bólu związanego z odbiciem guza piętowego oraz śródstopia. Podobnie jak w przypadku cholewki buta, podeszwa nie może być zbyt miękka i cienka, ale również nie może być zbyt sztywna. Za miękka podeszwa nie zapewnia właściwej stabilności w kostce, natomiast za twarda podeszwa mogłaby obniżyć motorykę, wywołując tym samym dyskomfort podczas gry. Buty do piłki siatkowej powinny więc posiadać odpowiednio wyważoną podeszwę o średniej twardości. Ważne jest również właściwe wyprofilowanie bieżnika i wkładki, które wspierają przemieszczanie stopy przy ruchach z boku na bok [1, 2].

Podsumowując, podeszwy butów przeznaczonych do gry w siatkówkę powinny zapewniać doskonałą przyczepność na nawierzchni halowej, amortyzować lądowanie zawodnika chroniąc przed wstrząsami oraz kontuzjami. Dodatkowo zapewniają stabilność boczną tak, aby nagłe zmiany kierunku nie wybiły zawodnika z równowagi [1, 2].

## 2. JAK WYBRAĆ NAJLEPSZE OBUWIE DO SIATKÓWKI

Siatkówka to gra **szybkich reakcji i wyborów**, a stabilna i niezachwiana pozycja, którą oferuje obuwie sportowe, jest kluczem do sukcesu. Potrzebne jest więc obuwie z najlepszą przyczepnością, które nie pozwoli stopie poruszyć się nawet odrobinę po powierzchni sali. Asics czy Mizuno, to już potentaci wśród butów do siatkówki, a ostatnio dołączają do nich Nike oraz Adidas. Marki te wykorzystują najnowsze i najlepsze systemy w swoich produktach, które często są **patentowane** i innym firmom ciężko wymyślić coś, co działa tak samo lub lepiej. To, co sprawia, że dane obuwie jest obuwem do siatkówki, to gumowa podeszwa, która nadaje butom trakcję i absolutną kontrolę nad prowadzeniem stopy [2, 3].

Dodatkowo buty do siatkówki są przystosowane do **przemieszczania się gracza z boku na bok**, umożliwiając szybkie reakcje, które są bardzo ważne w siatkówce. Wszystkie buty do siatkówki mają bardzo grubą podeszwę po to, aby but absorbował wstrząsy [2, 3].

Na rys. 1. przedstawiono jak układają się buty nieprzystosowane do gry w siatkówkę oraz profesjonalne buty siatkarskie. Po lewej stronie widać, że but ma zdeformowany kształt, stopa z jednej strony wychodzi poza niego, natomiast z drugiej zostaje podniesiona w stosunku do podłoża o znaczny kąt. Występuje zwiększone ryzyko kontuzji kolana i kostki, użytkownikowi ciężko jest zmieniać kierunek w trakcie gry i nie ma on kontroli trakcji. Z kolei profesjonalne obuwie przede wszystkim redukuje ryzyko wystąpienia kontuzji kostki i kolana, umożliwia sprawną zmianę kierunku i zapewnia całkowitą kontrolę trakcji dzięki wyeliminowaniu deformacji buta i jego lepszej przyczepności do podłoża.

Jakie są różnice pomiędzy butami marki Asics a Mizuno? Obuwie Asics wydaje się nieco szersze niż buty marki Mizuno. Styl butów różni się z roku na rok, ale zwykle buty do siatkówki od Asics są wykonane z większej ilości siateczki, które pozwala lepiej „oddychać” całej stopie. Buty do siatkówki od Mizuno są wykonane z większej ilości mocnego materiału, która daje butom lepszą trwałość [3].



Rys. 1. Ułożenie butów nieprzystosowanych do gry w siatkówkę w porównaniu z profesjonalnym obuwem siatkarskim [4].

*Fig. 1. Formation of non-volleyball shoes compared to a professional volleyball shoes [4].*

### 3. HISTORIA I ROZWÓJ MIZUNO

Rihachi Mizuno w 1906 roku w Osace otworzył swój pierwszy sklep sportowy a swoją działalność zaangażował całą rodzinę. Na początku skupiono się na produkcji odzieży, później też sprzętu. W latach 80. ubiegłego wieku wprowadzono nowoczesne technologie i dzięki temu marka stała się popularna w wielu krajach. USA, Rosja, Hiszpania, Francja, Kanada, Anglia, Egipt to siatkarskie drużyny narodowe współpracujące z tą firmą [5].

Na rysunkach 2-6 przedstawiono jak zmieniał się wygląd podeszwy oraz samego buta siatkarskiego marki Mizuno na przestrzeni około 12 lat.



Rys. 2. Model buta Mizuno Wave Blocker 6 z roku ok. 2006 [6].

*Fig. 2. Mizuno Wave Blocker 6 shoe model from the year 2006[6].*

Jak widać, już około 12 lat temu siatkarskie buty marki Mizuno posiadały system Wave- jeden z głównych systemów tej firmy, który jest nadal wykorzystywany w każdym modelu butów nie tylko siatkarskich ale również biegowych. Buty charakteryzowały się dość prostą budową podeszwy, mało stylowym wyglądem oraz zabudowaną i mało oddychającą cholewką.



Rys. 3. Model buta Mizuno Wave Oasis 2 z roku ok. 2008 [7].

*Fig. 3. Mizuno Wave Oasis 2 shoe model from the year 2008 [7].*

W porównaniu do poprzedniego modelu widać, że cholewka w tym bucie w większym stopniu jest stworzona z przepuszczalnej siateczki, która pozwala lepiej oddychać stopie w czasie gry. Styl buta pozostaje praktycznie niezmienny.



Rys. 4. Model buta Mizuno Wave Thunder 7 z roku ok. 2010 [8].

*Fig. 4. Mizuno Wave Thunder 7 shoe model from the year 2010 [8].*

Jak widać, w porównaniu do dwóch poprzednich modeli, buty te przede wszystkim zmieniły swój wygląd zewnętrzny. Użyto większej ilości mocnych i wyrazistych kolorów. Poza tym, w cholewce pojawiły się wzmocnienia, które pozwoliły na przedłużenie żywotności buta przy jednoczesnym zachowaniu dobrej oddychalności stopy zawodnika. W podeszwie niezmiennie wykorzystywano system Wave.



Rys. 5. Model buta Mizuno Wave Tornado 6 z roku ok. 2013 [9].

Fig. 5. Mizuno Wave Tornado 6 shoe model from the year 2013[9].

W tym modelu zmieniono kilka rzeczy, które widoczne są widoczne gołym okiem. Po pierwsze konstrukcja podeszwy w porównaniu do poprzednich modeli jest zupełnie inna. Zastosowano w niej otwory, które jeszcze lepiej mają odprowadzać wilgoć i ciepło ze środka buta, a system Wave został wykonany z innego materiału. W cholewce natomiast zastosowano dodatkowy system chroniący palce zawodnika wykonany z przodu buta, dzięki czemu znacznie wydłużył się również okres eksploatacji obuwia.



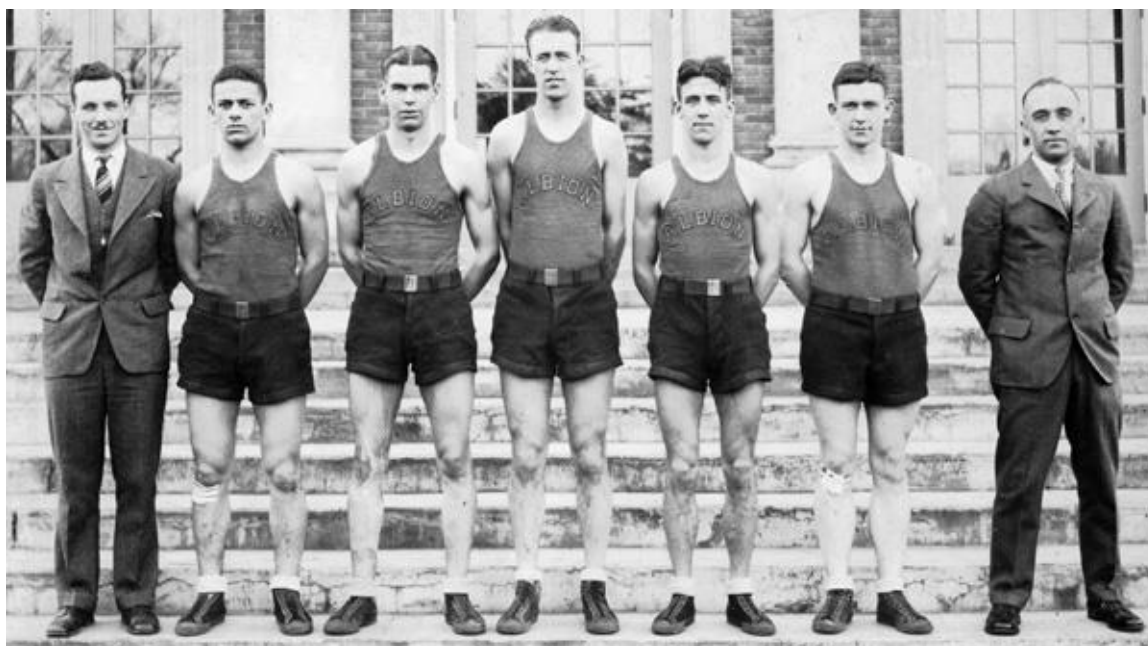
Rys. 6. Model buta Mizuno Wave Lightning Z5 z roku 2019 [10].

Fig. 6. Mizuno Wave Lightning Z5 shoe model from the year 2019 [10].

Buty halowe Mizuno Wave Lightning Z5 to jeden z najnowszych modeli wyprodukowanych w 2019 roku. Charakteryzuje się on bezszwową cholewką i lekkością a także zupełnie odmiennym stylem w porównaniu do modeli z lat poprzednich. Użyto intensywnych kolorów nie tylko w cholewce buta ale również w jego podeszwie, w której niezmiennie stosuje się system Wave doskonale amortyzujący stopę zawodnika.

Jak widać na powyższych rysunkach w modelach butów siatkarskich na przestrzeni lat zmienia się nie tylko ilość zastosowanych systemów coraz lepiej chroniących zawodnika przed urazami ale również ich wygląd zewnętrzny. Dotyczy to zarówno modeli damskich jak i męskich. Do ich produkcji używa się coraz bardziej nowoczesnych materiałów, które pozwalają na osiągnięcie jeszcze lepszych wyników niż w latach poprzednich.

Jako ciekawostkę na rysunku 7 przedstawiono zdjęcie pierwszej na świecie drużyny siatkarskiej. Widać jak bardzo buty zawodników różnią się od tych stosowanych dzisiaj- przypominają zwykle trampki a nie obuwie przeznaczone do gry w siatkówkę.



Rys. 7. Zdjęcie pierwszej na świecie drużyny siatkarskiej; USA, koniec XIXw [11].

Fig. 7. The photograph of the first volleyball team; USA, the end of XIX century [11].

#### 4. SYSTEMY W SIATKARSKICH BUTACH MARKI ASICS

Nowoczesne siatkarskie buty ASICS posiadają szereg nowoczesnych systemów takich jak:

- **FlyteFoam** – stosowana nie tylko w butach do siatkówki, ale również do biegania. Zapewnia lekkość oraz ochronę stopy w przypadku dłuższych dystansów. Inżynierowie zaprojektowali podszwę środkową w technologii FlyteFoam w celu poprawy amortyzacji oraz odciążeniu buta. FlyteFoam posiada dużo lepszą amortyzację od standardowej pianki EVA stosowanej w butach ASICS poprzednich generacji, a jednocześnie jest dużo lżejsza (o prawie 55%). Wykorzystywanie technologii FlyteFoam na całej długości podeszwy sprawia, że jest odporniejsza na odkształcanie [12, 13];



- **Trusstic System** – dodatkowy sztywny mostek, który ogranicza ruchy skrętne buta zastosowany na całej długości podeszwy [12, 13];



- **Wkładka Octipod** – zapewnia dodatkową stabilność stopy [12, 13];
- **Rearfoot GEL** – system amortyzujący, umieszczony w tylnej części buta. Główną zasadą jego działania jest umieszczenie poliuretanowych kapsułek wypełnionych

silikonem umieszczonych w tylnej części podeszwy buta, których głównym zadaniem jest absorbowanie większej części wstrząsów powstających na pięcie. Technologia ta jest dopasowywana dla konkretnego rodzaju butów, dlatego kształt, wielkość i sposób osadzania żelowych kapsułek różni się w zależności od ostatecznego przeznaczenia butów [12, 13];



- **Forefoot Gel** – system amortyzujący, umieszczony w przedniej części buta. Jego zadaniem jest absorbowanie wstrząsów, tak jak w technologii Rearfoot Gel [12, 13];



- **Rearfoot and Forefoot GEL Cushioning Systems** – system jest kombinacją systemów **RearFoot Gel i Forefoot Gel** – ma za zadanie maksymalnie amortyzować wstrząsy powstające podczas użytkowania butów sportowych jednocześnie wspierając stopę w fazie chodu i biegu, dzięki czemu możemy cieszyć się wyższym komfortem [12, 13];



- **SpEVA** – nowatorskie rozwiązanie technologiczne w postaci syntetycznego materiału wykorzystywanego w konstrukcji podeszwy środkowej. Tworzywo stosowane jest w 3 różnych gęstościach w celu polepszenia danych parametrów w zależności od rodzaju obuwia sportowego i postawionych mu wymagań, zapobiega też pękaniu podeszwy [12, 13];



- **SpEva 45** – tworzywo syntetyczne o najniższej gęstości oznaczane kolorem niebieskim który w głównej mierze podnosi parametry amortyzacyjne podeszwy i odpowiada za komfort i wygodę użytkownika obuwia [12, 13];



- **SpEva 55** – tworzywo syntetyczne o średniej gęstości oznaczany kolorem żółtym wykorzystywany jest w rozwiązaniach gdzie potrzebna jest odpowiednia stabilizacja [12, 13];



- **Removable Sockliner** – wymienna wkładka dopasowana do stopy, jeżeli istnieje taka potrzeba może zostać zastąpiona inną bardziej odpowiednią np. w celach ortopedycznych czy leczniczych [12, 13];



- **Propulsion plate** – system polegający na wykorzystaniu utwardzonej płytki umieszczonej w przedniej części podeszwy butów Asics, który znacznie zwiększa siłę napędową oraz dynamikę fazy przetaczania stopy [12, 13];



- **PHF – (Personal Heel Fit)** – system ten polega na umieszczeniu wokół zapiętek butów specjalnego piankowego materiału o wysokiej gęstości i elastyczności. Pianka ta ma za zadanie idealnie dopasować się do pięty stopy co w efekcie likwiduje efekt poślizgu stopy wewnątrz buta i podnosi stabilność i komfort użytkowania. Co ciekawe materiał nie odkształca się trwale i po zdjęciu butów wraca do swego pierwotnego kształtu, dzięki czemu przy każdym kolejnym założeniu możemy cieszyć się idealnym dopasowaniem [12, 13];



- **Gilled Mesh** - siatka, zastosowana w ¼ powierzchni cholewki butów sportowych/biegowych ma za zadanie „wtłaczanie” powietrza do wewnątrz butów. Rozwiązanie to w rewelacyjny sposób poprawia wentylację stopy i jej efektywne chłodzenie podczas ekstremalnego wysiłku [12, 13];





- **Wet Grip Rubber** – producent butów sportowych Asics opracował specjalne tworzywo – **Wet Grip Rubber** wykorzystywane w konstrukcji podeszwy ich obuwia. Dodatkowa warstwa wykonana z materiału W.G.R ma przede wszystkim chronić użytkownika butów przed poślizgiem na mokrej nawierzchni (parkiecie, podłodze halowej) [12, 13];



## 5. SYSTEMY W SIATKARSKICH BUTACH MARKI MIZUNO

Firma MIZUNO, podobnie jak Asics stworzyła szereg różnych systemów, które mają za zadanie polepszyć komfort użytkowania butów do siatkówki, mianowicie:

- **Mizuno Wave**- stworzona po to aby równomiernie rozprowadzać ciężar ciała i zapewnić przez to amortyzację, stabilizację oraz komfort. Do tylnej części buta, pod piętą, została dodana dodatkowa płytki, której zadaniem jest rozprowadzanie siły uderzenia stopy o podłoże [14,15];



- **Dynamotion Groove**- przy sporcie tak dynamicznym jak siatkówka ważna jest stabilizacja i dobra przyczepność do powierzchni. W podeszwach butów, Mizuno stworzyło dodatkowe żłobienia na bocznych częściach podeszwy, które zapewniają większą przyczepność [14,15];



- **Dura Shield**- podczas gry zawodnik wykonuje mnóstwo ruchów, aby chronić stopę przed niepotrzebnymi niedogodnościami, wprowadzono Dura Shield. Na samym przodzie buta znajduje się dodatkowa powłoka chroniąca palce oraz poprawiająca jego trwałość [14,15];

- **Ap+** - to dodatkowa, lekka pianka w wyściółce buta, która poprawia komfort stóp. Dodatkowo zapewnia większą trwałość [14,15];



- **U4icX**- buty z technologią U4icX są lżejsze o 30% od wyżej wymienionej pianki Ap+. U4icX to składnik podeszwy, który pochłania drgania i amortyzuje stopę podczas gry;
- **Mizuno Intercool**- system wentylacji stopy. Jest on na całej długości podeszwy środkowej. Odprowadza on wilgoć oraz ciepło z wnętrza buta [14,15];
- **SR Touch**- lekki materiał amortyzujący zastosowany w tylnej części buta, pochłaniający wstrząsy, a także pozwalający na utrzymanie płynnych ruchów [14,15];



- **Sensorpoint**- system, który łączy płytkę Wave z podłożem, aby zwiększyć stabilność i przyczepność [14,15];

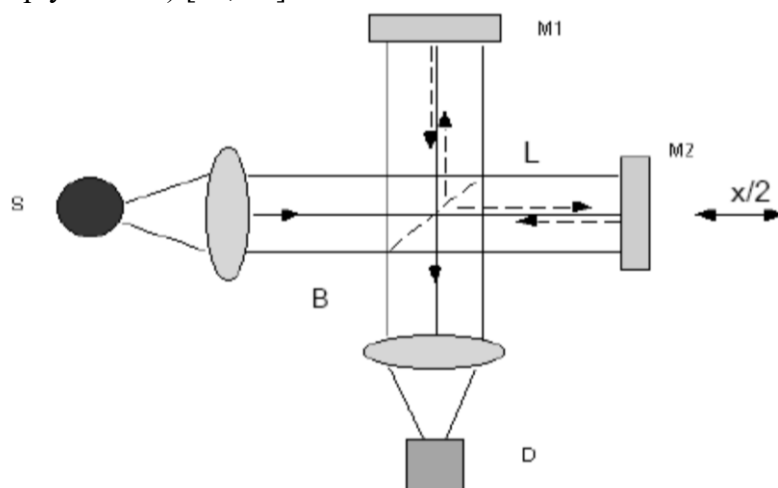


## 6. BADANIE SPEKTROSKOPOWE W PODCZERWIENI FTIR

Drgania atomów w cząsteczkach ujawniają się w widmach optycznych o częstościach w zakresie podczerwieni. Można je badać klasyczną techniką absorpcyjną IR lub metodą rozpraszania Ramana. W klasycznych spektrometrach widma IR otrzymuje się badając absorpcję (IR) dla określonej monochromatycznej (o jednej długości fali) wiązki

promieniowania, a następnie przemiatając próbkę poprzez zmianę krokowo długość tej fali w trakcie pomiaru za pomocą elementu dyspersyjnego (pryzmat, siatka dyfrakcyjna). W ten sposób otrzymujemy sygnał absorpcji (lub transmisji) jako funkcję określonej długości fali (częściej liczby falowej wyrażonej w  $\text{cm}^{-1}$ ). We współczesnych aparatach Furierowskich stosuje się szybszą metodę polegającą na jednoczesnym oświetleniu próbki wiązką promieniowania z całego badanego zakresu IR. Po przejściu tej wiązki przez próbkę doprowadza się do interferencji z wiązką z tego samego źródła, która nie przeszła przez próbkę, a widmo otrzymuje się stosując transformację Fouriera zarejestrowanego widma interferencyjnego. Wymaga to stosowania aparatury z oprogramowaniem, które wykonuje tą operację matematyczną i dostarcza informacji o wibracjach w postaci interferogramu. Technikę tę określa się skrótem FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy). Choć metoda ta wydaje się być mniej intuicyjna, to należy pamiętać, że interferogram zawiera tę samą informację, co widmo, bo są związane poprzez operację matematyczną zwaną transformacją Fouriera. Interferogram powstaje z interferencji dwóch wiązek, które dzięki zmieniającej się w czasie różnicy dróg optycznych docierają do detektora przesunięte w fazie. Tak uzyskana zależność natężenia promieniowania od różnicy dróg optycznych wiązek promieniowania zostaje przekształcona dzięki analizie fourierowskiej wykonanej przez oprogramowanie komputera w widmo, wykres zależności absorpcji od długości fali [16, 17].

Wiązki opisane wyżej są generowane przez szerokopasmowe (polichromatyczne źródło światła z zakresu IR (globar, lampa Nernsta) w interferometrze Michelsona (rys. 8). Dwuwiązkowy interferometr został zaprojektowany przez Michelsona w 1891 roku. Światło ze źródła S pada na zwierciadło półprzepuszczalne (ang. beam splitter), które odbija połowę promieniowania, a połowę przepuszcza. Promieniowanie odbite po przejściu drogi optycznej L pada na nieruchome zwierciadło M1, ulega odbiciu od zwierciadła M1 i wraca z powrotem (całkowita droga optyczna  $2L$ ) [16, 17].



Rys. 8. Schemat interferometru Michelsona: S-źródło promieniowania IR, B-zwierciadło półprzepuszczalne, M1- zwierciadło nieruchome, M2- zwierciadło ruchome, D-detektor [16].

Fig. 8. Michelson interferometer diagram: S-IR radiation source, B-semi-transparent mirror, M1- stationary mirror, M2- moving mirror, D-detector [16].

### Zastosowanie spektroskopii FTIR

Spektroskopia FTIR pozwala na określenie charakterystycznych drgań dla grup występujących w związku. Ze względu na to, że widmo FTIR jest widmem charakterystycznym dla danej substancji analiza spektrofotometryczna w podczerwieni

najczęściej wykorzystana jest do badań jakościowych. Poza rozróżnianiem czystych substancji za pomocą analizy FTIR można badać obecność dodatkowych substancji a także ich oddziaływania z poszczególnymi grupami związku pierwotnego. Zmiany w widmie (obecność dodatkowych pików) świadczą o obecności innych grup funkcyjnych (obecność innego związku) natomiast przesunięcia w kierunku innych długości fali niż dla widma próbki pierwotnej świadczą o oddziaływaniu danej grupy z inną grupą substancji dodanej [16, 17].

## 7. METODYKA BADAŃ

W badaniach przeprowadzono porównanie materiałów użytych na podeszwy butów nieprzystosowanych do gry w siatkówkę marki Adidas z materiałami profesjonalnych butów siatkarskich marki Mizuno. Obuwie zostało przecięte, a następnie przygotowano 8 próbek do badania FTIR; na rysunkach 9 i 14 został przedstawiony przekrój wzdużny obydwu butów, a na rysunkach 10-13 i 15-18 widma IR analizowanych próbek. Z kolei w tablicach 1 i 2 przedstawiono wyniki analizy FTIR dla materiałów podeszw butów marki Adidas oraz Mizuno.



Rys. 9. Przekrój buta marki Adidas.

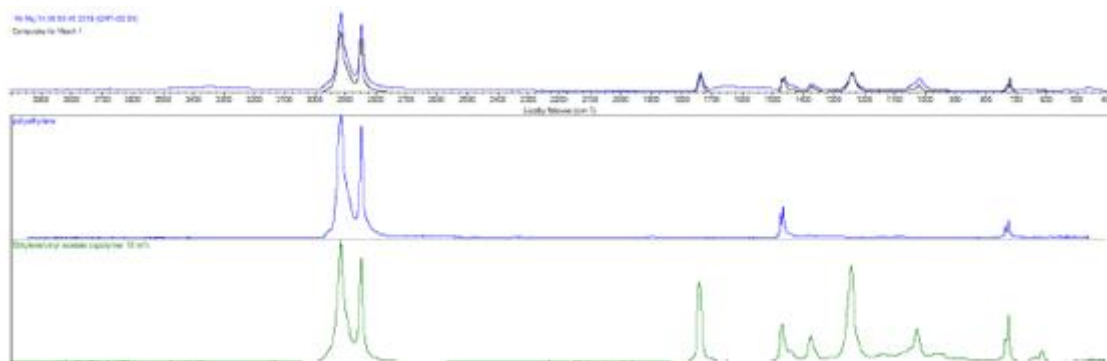
Fig. 9. Adidas shoe section.

Tab. 1. Wyniki analizy FTIR dla materiałów podeszwy buta marki Adidas

Tab. 1. FTIR analysis results for Adidas shoe sole materials

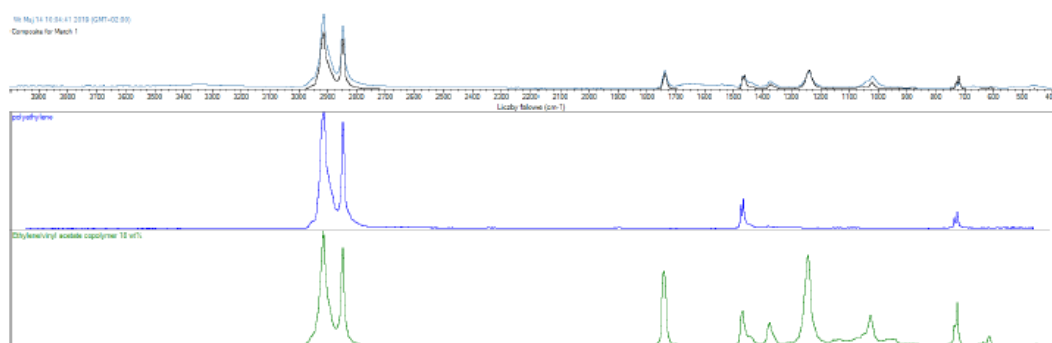
Próbka	Dopasowanie	Nazwa materiału	Skumulowanie	Skład procentowy [%]
1	90.02	Polietylen	78.78	57.55
		Etylen	90.02	42.45
2	89.94	Polietylen	78.49	57.15
		Kopolimer etylenu i octanu winylu (EVA)	89.94	42.85
3	56.78	<i>Poli(1,5-pentenylene)</i>	31.14	35.38
		<b>Precypitowana krzemionka (biała sadza)</b>	56.78	64.62
4	89.60	Kopolimer etylenu i octanu winylu (EVA)	80.97	53.25
		LDPE	89.60	46.75

### Próbka 1 Adidas



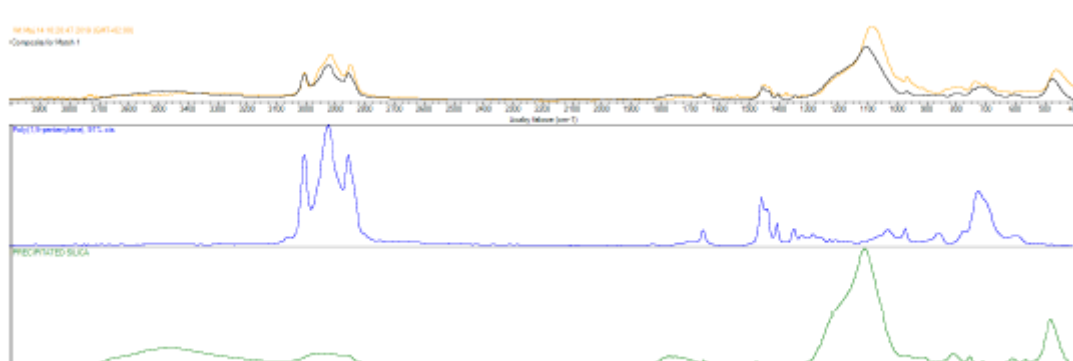
Rys. 10. Widma IR polietylenu oraz etylenu.  
Fig. 10. IR spectra of polyethylene and ethylene.

### Próbka 2 Adidas



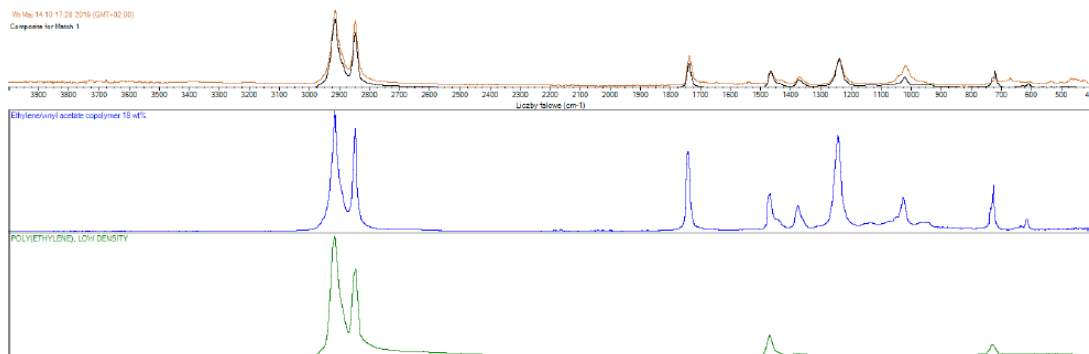
Rys. 11. Widma IR polietylenu oraz kopolimeru etylenu i octanu winylu.  
Fig. 11. IR spectra of polyethylene and copolymer of ethylene and vinyl acetate.

### Próbka 3 Adidas



Rys. 12. Widma IR poli(1,5- pentenylene) oraz precypitowanej krzemionki.  
Fig. 12. IR spectra of poly (1,5-pentenylene) and precipitated silica.

## Próbka 4 Adidas



Rys. 13. Widma IR polietylenu o niskiej gęstości oraz kopolimeru etylenu i octanu winylu.  
 Fig. 13. IR spectra of low density polyethylene and copolymer of ethylene and vinyl acetate.

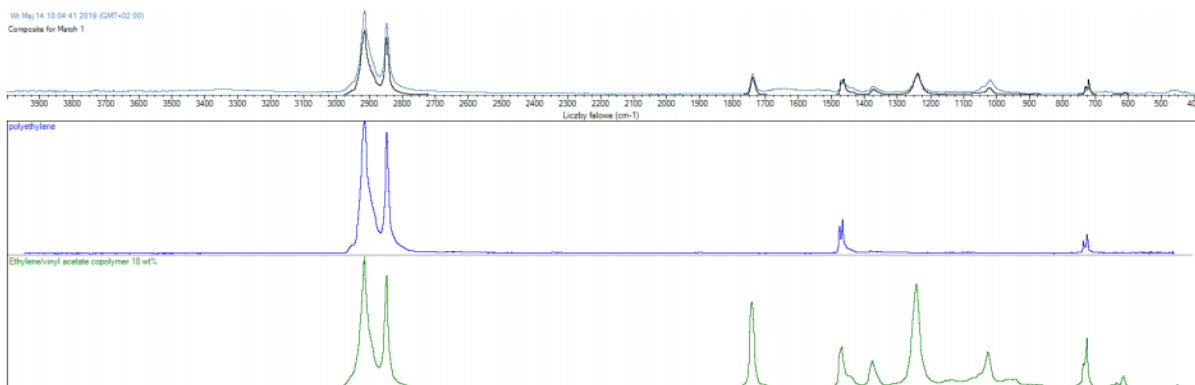


Rys. 14. Przekrój buta marki Mizuno.  
 Fig. 14. Mizuno shoe section.

Tab. 2. Wyniki analizy FTIR dla materiałów podeszwy buta marki Mizuno  
 Tab. 2. FTIR analysis results for Mizuno shoe sole materials

Próbka	Dopasowanie	Nazwa materiału	Skumulowanie	Skład procentowy [%]
1	89.94	Polietylen	78.49	57.15
		Kopolimer etylenu i octanu winylu (EVA)	89.94	42.85
2	91.94	Kopolimer etylenu i octanu winylu (EVA)	82.56	52.18
		Polietylen niskiej gęstości	91.94	47.82
3	56.78	Poly(1,5- pentenylene)	31.14	35.38
		Krzemionka	56.78	64.62
4	88.26	Polietylen	88.24	47.55
		Kopolimer etylenu i octanu winylu (EVA)	79.44	52.54

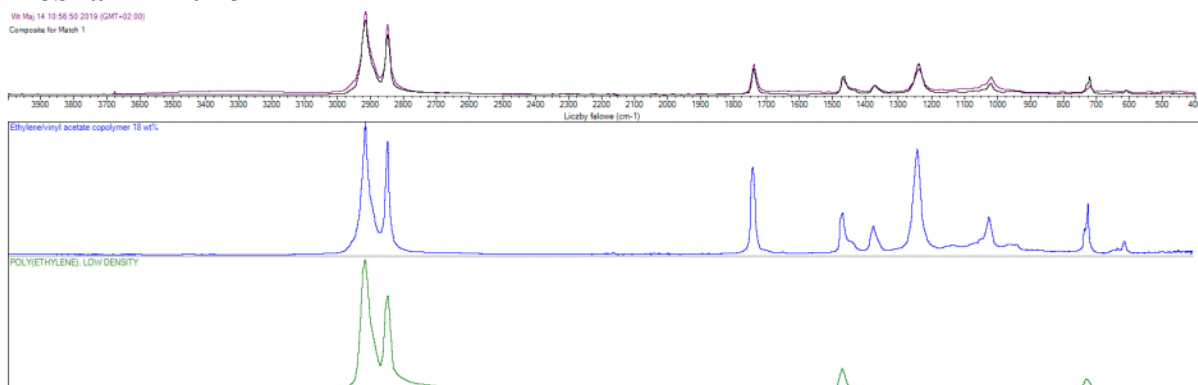
### Próbka 1 Mizuno



Rys. 15. Widma IR polietylenu oraz kopolimeru etylenu i octanu winylu.

Fig. 15. IR spectra of polyethylene and copolymer of ethylene and vinyl acetate.

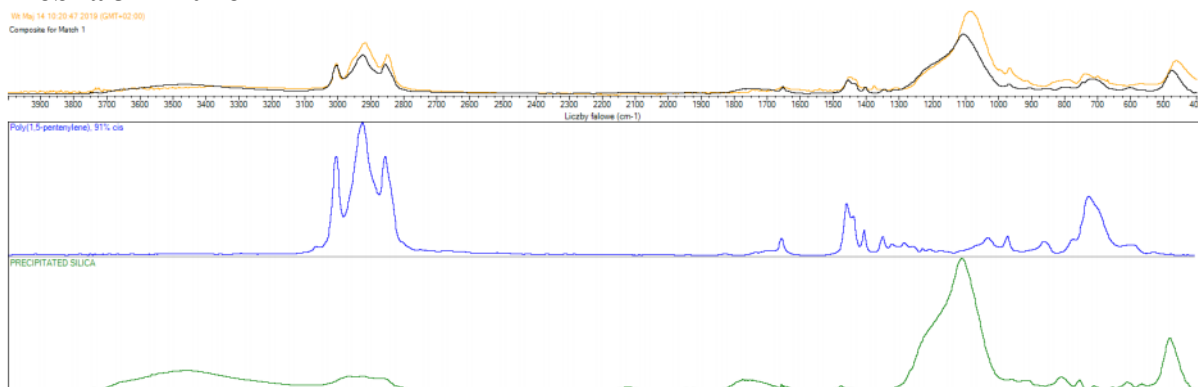
### Próbka 2 Mizuno



Rys. 16. Widma IR kopolimeru etylenu i octanu winylu oraz polietylenu o niskiej gęstości.

Fig. 16. IR spectra of copolymer of ethylene and vinyl acetate and low density polyethylene.

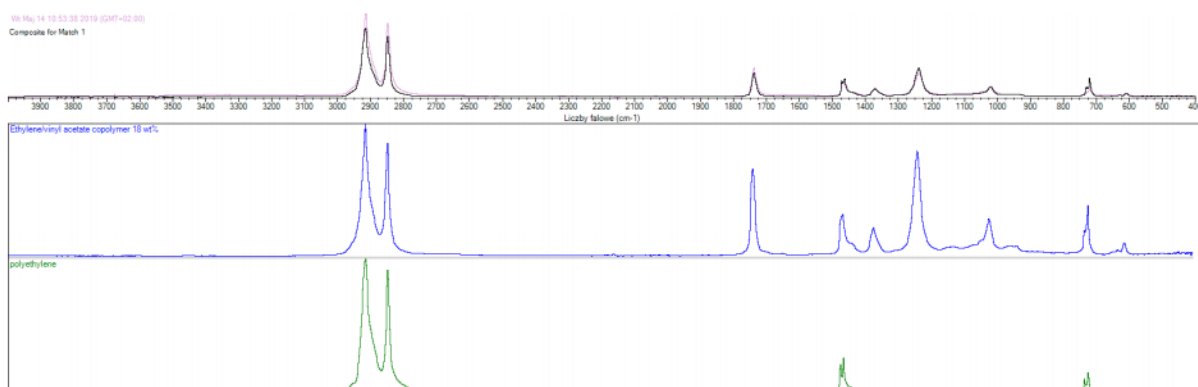
### Próbka 3 Mizuno



Rys. 17. Widma IR Poly(1,5- pentenylene) i krzemionki.

Fig. 17. IR spectra of poly(1,5-pentenylene) and silica.

## Próbka 4 Mizuno



Rys. 18. Widma IR polietylenu oraz kopolimeru etylenu.

Fig. 18. IR spectra of polyethylene and copolymer of ethylene.

## 8. PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy materiałów przeprowadzonej na urządzeniu FTIR można stwierdzić, że:

- podeszwa butów Adidas składa się z polietylenu, etylenu, kopolimeru etylenu i octanu winylu (EVA), *Poli(1,5-pentenylene)*, **Precypitowanej krzemionki (biała sadza)**, **polietylenu niskiej gęstości**;
- podeszwa butów Mizuno składa się z polietylenu, kopolimeru etylenu i octanu winylu (EVA), polietylenu niskiej gęstości, *Poli(1,5-pentenylene)*, krzemionki.

**Precypitowana krzemionka stosowana jest jako środek wypełniający podeszwę butów z tworzywa sztucznego.** Struktura chemiczna tego produktu opiera się na dwutlenku krzemu ( $\text{SiO}_2$ ). Dodatek krzemionki (białej sadzy) nadaje butom trwałość i sprężystość, a także polepsza sztywność [18].

Tworzywo EVA (kopolimer etylenu i octanu winylu) cechuje się dużym współczynnikiem tarcia oraz lekkością i elastycznością. Dodatkowo dzięki bardzo dobrej amortyzacji, tłumi uderzenia, dlatego też jest chętnie wykorzystywana w produkcji obuwia sportowego jako system amortyzujący. Kopolimer ten stosuje się w połączeniu z innymi tworzywami (zazwyczaj z polietylenem) do budowy podeszwy wewnętrznej. Materiał składający się z polietylenu i octanu winylu, po dodaniu odpowiednich środków oraz barwników, staje się bardzo lekkim tworzywem, które doskonale sprawdza w sportowym obuwiu [19].

Polietylen - jest to tworzywo o doskonałych właściwościach dielektrycznych, dużej odporności na działanie kwasów, zasad, soli i większości związków organicznych. Gęstość - 0,91-0,96 g/cm<sup>3</sup>. Wytrzymałość na rozciąganie 8-33 MPa, brak zapachu, smaku, w dotyku woskowaty o mlecznej barwie. Formowany przez wytłaczanie, rozdmuchiwanie, wtrysk oraz natrysk płomieniowy. Daje się łatwo barwić, źle przyjmuje druk oraz źle się klei. Polietylen jest szeroko stosowany do wyrobu folii, opakowań, pojemników, butelek, rur na wodę pitną i dla kanalizacji, do wyrobu artykułów gospodarstwa domowego oraz powłok. PE-HD (high density PE) – Polietylen o dużej gęstości. Otrzymywany przez polimeryzację niskociśnieniową. Jest twardszy w porównaniu z PE-LD, ma wyższą wytrzymałość mechaniczną, wyższą temperaturę topnienia (125 °C), kolor mleczny PE-LD (low density PE) – Polietylen niskiej



gęstości – Jest przezroczysty, giętki i miękki, zachowuje elastyczność w niskiej temperaturze (nawet do  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [20].

Przeprowadzona analiza wykazuje, że pod względem zastosowanych materiałów podeszwy butów marki Adidas i Mizuno są takie same ale różnią się one konstrukcją i rozmieszczeniem zastosowanych materiałów.

Z kolei systemy zastosowane w butach marek Asics oraz Mizuno różnią się między sobą jedynie drobnymi szczegółami, które nie mają znaczącego wpływu na eksploatację obuwia i wsparcie zawodnika. W dzisiejszych czasach wybór idealnego obuwia siatkarskiego jest kwestią czysto indywidualną i zależy wyłącznie od preferencji danego zawodnika. Mimo wszystko, na przestrzeni lat, widoczny jest zdecydowany postęp i rozwój w stosowanych w butach materiałach i systemach, które pozwalają na osiąganie coraz to lepszych wyników jak również eliminują ryzyko wystąpienia kontuzji.

## LITERATURA

- [1] <https://www.siatkarsko.pl/jakie-buty-do-siatkowki/> [dostęp: 10.04.2019]
- [2] <http://dosiatkowki.pl/najnowsze-technologie-w-butach-siatkarskich/> [dostęp: 10.04.2019]
- [3] <https://tramsport.pl/najlepsze-obuwie-do-siatkowki/> [dostęp: 18.04.2019]
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=HlufBzgsW1M> [dostęp: 18.04.2019]
- [5] <http://m-volley.pl/tato-daj-mikase-czyli-o-sprzecie-siatkarskim/> [dostęp: 25.04.2019]
- [6] <https://www.amazon.co.uk/Mizuno-Wave-Blocker-6/dp/B006VQ71KO> [dostęp: 15.05.2019]
- [7] <https://www.todo-deporte.com/en/footwear-indoor/mizuno-wave-oasis-2#> [dostęp: 15.05.2019]
- [8] <http://www.salemizuno.top/mizuno-wave-thunder-7-TT500721.html> [dostęp: 15.05.2019]
- [9] <http://www.goldvolley.pl/produkt/buty-mizuno-wave-tornado-6-mid/161/> [dostęp: 15.05.2019]
- [10] <https://revealsport.pl/obuwie-siatkowka/1156-6145-but-y-mizuno-wave-lightning-z5-mid-v1gc190501-5054698599419.html> [dostęp: 15.05.2019]
- [11] [http://www.moderatorvolley.pl/kat/historia\\_siatkowki](http://www.moderatorvolley.pl/kat/historia_siatkowki) [dostęp: 22.05.2019]
- [12] <https://bieganie.pl/> [dostęp: 15.04.2019]
- [13] [https://www.butyjana.pl/buty\\_asics\\_-\\_technologie\\_i\\_systemy.html](https://www.butyjana.pl/buty_asics_-_technologie_i_systemy.html) [dostęp: 17.04.2019]
- [14] <http://dosiatkowki.pl/najnowsze-technologie-w-butach-siatkarskich/> [dostęp: 12.04.2019]
- [15] <https://www.allvolleyball.com/product/innovation-by-mizuno-new-lightning-rx3-collection/online-shopping-guide> [dostęp: 12.04.2019]
- [16] <http://mitr.p.lodz.pl/raman/FTIR.pdf> [dostęp: 12.05.2019]
- [17] [https://www.wipos.p.lodz.pl/files/docs/cwiczenie\\_3\\_analiza\\_ftir.pdf](https://www.wipos.p.lodz.pl/files/docs/cwiczenie_3_analiza_ftir.pdf) [dostęp: 12.05.2019]
- [18] <http://m.polish.paintflatteningagent.com/best-precipitated-silicon-dioxide> [dostęp: 20.05.2019]
- [19] <http://sneakersynike.pl/pianka-eva-dlaczego-jest-tak-powszechnie-stosowana-w-butach-nike/> [dostęp: 20.05.2019]
- [20] R. Kaczorowski, techniki wytwarzania. Odlewnictwo i przetwórstwo tworzyw sztucznych, Politechnika Łódzka, KTMSp, 2014.