

mgr inż. PAULINA WÓJCIK  
dr inż. EMILIA IRZMAŃSKA

Kontakt: pawoj@ciop.lodz.pl  
DOI: 10.5604/01377043.1204749

# Podnoski ochronne stosowane w obuwiu chroniącym przed urazami mechanicznymi



Fot. Nikonike/Bigstockphoto

Celem artykułu było przybliżenie podstawowych zagadnień dotyczących podnosków ochronnych stosowanych w obuwiu w środowisku pracy. Przedstawiono podział podnosków ze względu na stopień zapewnianej ochrony. Scharakteryzowane zostały rodzaje materiałów stosowanych w ich konstrukcji, ze szczególnym uwzględnieniem podziału na materiały metalowe i kompozytowe. Omówiono także standardowe i niekonwencjonalne metody badania podnosków chroniących przed urazami mechanicznymi.

*Słowa kluczowe: podnoski, obuwiu ochronne, metody badań ochron palców*

## Protective toecaps used in footwear protecting against mechanical risks

The objective of the paper was to outline the basic issues concerning toecaps used in protective footwear. Classification of the toecaps in the context of the level of protection provided was presented. Types of materials used in construction of the toecaps were characterized in particular the division into metal and composite structures. The standard and unconventional testing methods of toecaps protecting against mechanical impacts were also discussed.

*Keywords: toecaps, protective footwear, testing methods for toecaps*

## Wstęp

Obuwie ochronne z podnoskami zostało po raz pierwszy zaprojektowane i wykonane w latach 30. XX w. w Niemczech. Firma Red Wing Shoes Company rozpoczęła sprzedaż obuwia ze stalowymi podnoskami dla niemieckich oficerów w czasie II wojny światowej.

Trzy dekady później obuwiu ze stalowymi podnoskami, w szczególności firm Grinders oraz Dr. Martens, zdobyło wielką popularność, która utrzymywała się przez kilkadziesiąt lat, zwłaszcza w latach 80. i 90. w subkulturach młodzieżowych, takich jak skinhead, rivethead i punk<sup>1</sup>.

Obuwie ochronne należy do środków ochrony indywidualnej (ŚOI) i stanowi bezpośrednie zabezpieczenie pracownika przed zagrożeniami – czynnikami niebezpiecznymi i szkodliwymi występującymi w środowisku pracy. Podobnie jak pozostałe ŚOI objęte jest wymaganiami

zawartymi w dyrektywie 89/686/EWG [1], która do prawa polskiego przetransponowana została rozporządzeniem Ministra Gospodarki [2]. W zależności od występujących zagrożeń obuwiu ochronne jest wyposażone w dodatkowe elementy – podnoski, ochrony śródstopia zabezpieczające przed uderzeniem, ochrony kostki amortyzujące uderzenia, wkładki ze stali na spodzie obuwia, chroniące stopy przed ukłuciem. Wymienione elementy ochronne mogą być wykonane z różnych materiałów, takich jak stal, aluminium, materiały kompozytowe [3].

Jednym z najczęściej występujących źródeł zagrożeń w miejscu pracy są czynniki mechaniczne, przez które należy rozumieć m.in. spadające elementy, ostre, chropowate i wystające obiekty [3]. Szczególnie narażoną na uderzenie spadającymi elementami częścią ciała są stopy [3]. Ryzyko, które niesie za sobą uderzenie przez spadający przedmiot, w dużej mierze zależy od rodzaju materiału, z jakiego został on wykonany, jego

kształtu oraz osiągniętej energii potencjalnej, tj. masy elementu i wysokości, z której spada.

Zagrożenie spowodowane spadającymi przedmiotami może wystąpić na wielu stanowiskach pracy, w różnych gałęziach przemysłu. Według danych GUS z 2013 r. największy odsetek urazów kończyn dolnych występuje u osób pracujących w przetwórstwie przemysłowym, pracowników sektora handlu i naprawy pojazdów oraz osób zajmujących się gospodarką magazynową i transportem [4].

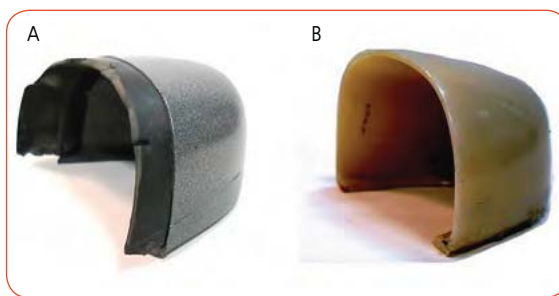
Do ochrony palców stóp przed spadającymi przedmiotami stosowane jest obuwiu wyposażone w podnoski ochronne. Elementy te pozwalają uniknąć urazu lub przynajmniej powodują zmniejszenie obrażeń związanych ze zmiężdżeniem palców stóp wywołanych uderzeniem i redukują liczbę złamań kości śródstopia [5]. W celu zapewnienia użytkownikom właściwej ochrony podnoski powinny spełniać wymagania nie tylko w zakresie parametrów ochronnych, ale także

<sup>1</sup> [www.ehow.com/about\\_7991586\\_history-steel-toe-boots.html](http://www.ehow.com/about_7991586_history-steel-toe-boots.html), data dostępu: 20.11.2015



Rys. 1. Zdjęcie rentgenowskie kończyny dolnej w obuwiu, wyposażonym w metalowy podnosek ochronny [10]

Fig. 1. X-ray of extremity in footwear with steel toecap [10]



Rys. 2. Przykłady rodzajów podnosków stosowanych w obuwiu ochronnym: A – podnosek metalowy, B – podnosek kompozytowy (zdjęcia autorek)

Fig. 2. Types of toecaps used in protective footwear: A – metal toecap, B – composite toecap (photos of authors)

Tabela. Właściwości ochronne i użytkowe podnosków wykonanych z materiałów metalowych i kompozytowych [13]  
Table. Protective and usage properties of toecaps made of metal and composites materials [13]

	Podnoski metalowe	Podnoski kompozytowe
Zalety	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dobra odporność na uderzenie</li> <li>• odporność na deformacje i pęknięcia</li> <li>• niższy koszt produkcji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lekka konstrukcja</li> <li>• dobra odporność na zagrożenia związane z przepływem prądu elektrycznego</li> <li>• dobre właściwości izolacyjne w zimnym mikroklimacie</li> </ul>
Wady	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ciężka konstrukcja</li> <li>• brak właściwości izolacyjnych w zimnym mikroklimacie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gorsza odporność na uderzenie oraz deformacje i pęknięcia</li> <li>• droższe w produkcji</li> </ul>

subiektywnego odczucia komfortu użytkowania i ergonomii [6].

Celem artykułu jest przybliżenie podstawowych zagadnień dotyczących podnosków ochronnych, stosowanych w obuwiu w środowisku pracy, w kontekście ich podziału, rodzaju materiału oraz standardowych i niekonwencjonalnych metod badania.

### Podział obuwia w zależności od rodzaju stosowanych podnosków

Obuwie chroniące przed zagrożeniami w środowisku pracy może być obuwiem bezpiecznym, ochronnym lub zawodowym, jeśli spełnia wszystkie podstawowe wymagania jednej z następujących norm: PN-EN ISO 20345:2012, PN-EN ISO 20346:2007, PN-EN ISO 20347:2012 [7,8,9]. Podstawowym kryterium tego podziału jest to, czy obuwiu wyposażone jest w ochrony palców stóp oraz jaka jest ich odporność na uderzenie i ściskanie:

- obuwiu bezpieczne (S – safety) – posiada cechy ochronne, pozwalające chronić użytkownika przed urazami, które mogłyby powstać podczas wypadków. Jest wyposażone w podnoski zaprojektowane tak, aby chroniły przed uderzeniem (podczas badania z energią równą co najmniej

200 J) i przed ściskaniem (podczas badania pod obciążeniem ściskającym równym co najmniej 15 kN) – tzw. podnoski bezpieczne

- obuwiu ochronne (P – protective) – posiada cechy ochronne tożsame z typem bezpiecznym, ale jest wyposażone w słabszy typ podnosków, które projektuje się tak, aby zapewniły ochronę przed uderzeniem na poziomie 100 J (w warunkach laboratoryjnych) i przed ściskaniem na poziomie co najmniej 10 kN (podczas badania pod obciążeniem ściskającym równym co najmniej 10 kN) – tzw. podnoski ochronne

- obuwiu zawodowe (O – occupational) – obuwiu posiadające cechy ochronne, pozwalające chronić użytkownika przed urazami, które mogłyby powstać podczas wypadków. Ten rodzaj obuwia, w przeciwieństwie do obuwia bezpiecznego i ochronnego, nie zapewnia ochrony palców stopy przed uderzeniami (brak podnosków bezpiecznych oraz ochronnych).

Podnoski umieszczone są w przedniej górnej części obuwia ochronnego (rys. 1.), [10]. Z uwagi na budowę obuwia dzieli się na wewnętrzne i zewnętrzne. Podnoski wewnętrzne połączone są z obuwiem i umieszczone pod przyszwą<sup>2</sup>, zaś

<sup>2</sup>Przyszwa jest elementem cholewki obuwia.

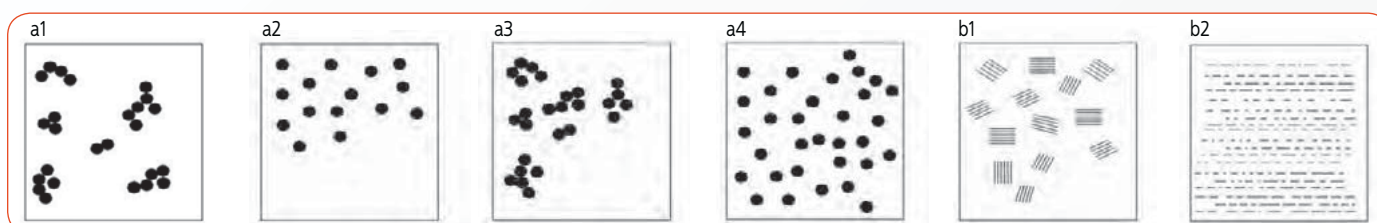
podnoski zewnętrzne – połączone są z obuwiem i umieszczone na jej wierzchu [11].

### Rodzaje materiałów stosowanych w podnoskach ochronnych

W obuwiu ochronnym stosowane są najczęściej podnoski metalowe, wykonane z aluminium lub stali [3]. Obecnie można zauważyć zainteresowanie podnoskami z materiałów niemetalowych, tj. kompozytów. Jest to spowodowane m.in. rozwojem inżynierii materiałowej, ukierunkowanej na opracowywanie materiałów kompozytowych, charakteryzujących się coraz wyższymi parametrami mechanicznymi i niską masą w porównaniu z konwencjonalnymi materiałami (np. stalą), przy jednoczesnym uwzględnieniu właściwości użytkowych (rys. 2.).

Podnoski wykonywane z metalu i podnoski kompozytowe różnią się między sobą w zakresie podstawowych właściwości ochronnych i użytkowych, co pokazano w tabeli.

Stosowane dotychczas w podnoskach kompozyty charakteryzują się niższą odpornością na uderzenie oraz deformacje i pęknięcia w porównaniu z materiałami metalowymi. Przeprowadzone są prace naukowe, których celem jest opracowanie nowych struktur kompozytów o lepszych właściwościach mechanicznych [14-18]. W jednej z prac porównano kompozyt poliestrowy ze wzmocnieniem z włókien szklanych z kompozytem bez tego wzmocnienia. W badaniach właściwości mechanicznych, w warunkach obciążenia statycznego i dynamicznego, udowodniono, że wzmocnienie to wpływa na polepszenie charakterystyki absorpcji energii podczas uderzenia. Na podstawie tych badań można stwierdzić, że materiały wzmocnione włóknem szklanym mogą być stosowane w konstrukcjach podnosków narażonych na obciążenia udarowe [14]. Warto podkreślić, że mechanizm uszkodzenia struktur kompozytowych na skutek uderzenia z wysokości jest procesem bardzo złożonym. Wynika to z występowania jednocześnie różnych modeli zniszczenia, takich jak zrywanie włókien, deformacje i pęknięcie osnowy oraz rozwarstwienie się włókien [15]. Kompozyty polimerowe, wzmocnione włóknem szklanym, mają mniejszy stopień ugięcia, wyższą tolerancję uszkodzeń oraz lepszą zdolność pochłaniania energii uderzenia, w porównaniu z materiałami metalowymi. Można zatem wnioskować, że materiały kompozytowe wzmocnione włóknem



Rys. 3. Przykłady różnego rozdrobnienia i rozkładu przestrzennego nanocząstek w objętości kompozytu: a) nanocząstki 3D „proszkowe”: 1 – złe rozdrobnienie (aglomeraty) przy równomiernym rozkładzie, 2 – dobre rozdrobnienie przy nierównomiernym rozkładzie, 3 – złe rozdrobnienie (aglomeraty) i równocześnie złe ich rozłożenie, 4 – dobre rozdrobnienie i dobry rozkład przestrzenny; b) nanocząstki włókniste (2D): 1 – agregaty w postaci pęczków włókienek złe rozłożone w objętości, 2 – włókienka rozproszone, dobrze rozłożone w objętości, ale ułożone jednokierunkowo [18]

Fig. 3. Schematic illustrating of disintegration and distribution of nanoparticles in polymer matrix: a) 3D nanoparticles: 1 – agglomerated, good distribution, 2 – non agglomerated, poor distribution, 3 – agglomerated, poor distribution, 4 – non agglomerated, good distribution; b) 2D fibre nanoparticles (nanotubes, nanofibres) 1 – agglomerated, poor distribution in polymer matrix, 2 – good dispersion and distribution of oriented nanoparticles [18]

szklanym mogą być alternatywą dla podnoszków metalowych [14,15].

W przypadku kompozytów polimerowych wzmacnianych włóknem poszukiwane są rozwiązania, mające na celu podwyższenie odporności na uderzenie, w związku ze stosunkowo niewielką możliwością absorpcji przez nie energii. Przede wszystkim jest to spowodowane kruchym charakterem matrycy polimerowej [16,17].

Autorzy różnych prac poświęcili w ostatnich latach wiele uwagi zastosowaniu nanonapełniaczy w celu polepszenia właściwości udarowych kompozytów. Nowoczesne materiały, w których konstrukcji zastosowano nanonapełniacze, mają wiele istotnych zalet, m.in. duże wartości modułu sprężystości, dużą wytrzymałość udarową, dużą odkształcalność, dobre charakterystyki wytrzymałości doraźnej i zmęczeniowej. Nanokompozytami nazywa się materiały, które składają się z dwóch lub więcej faz (ciągłej i rozproszonej), o wyraźnych powierzchniach rozdziału, z których przynajmniej jeden składnik rozproszony charakteryzuje się co najmniej jednym wymiarem w skali nanometrycznej ( $10^{-9}$  m), [18]. Jako nanonapełniacze stosowane są różne materiały – tak pod względem charakteru chemicznego (nieorganiczne, organiczne), struktury fizycznej (krystaliczne, amorficzne, wtrącenia gazowe – nanopianki), jak i kształtu cząstek (3D – „proszkowe”, 2D – płytkowe, 1D – liniowe (pręcikowe, włókniste, rurkowe). Właściwości nanokompozytów polimerowych zależą w istotny sposób także od stopnia rozdrobnienia nanocząstek oraz ich równomiernego rozkładu w objętości systemu (rys. 3.), [18].

W podnoszkach badano materiały z takimi dodatkami, jak naturalny bentonit (Nanofil 116), haloizyt lub wielowarstwowe rurki węglowe [16]. Dane literaturowe wskazują, że sztywność i wytrzymałość żywicy metakrylanu metylu, zmodyfikowanej naturalnym bentonitem (N 116), jest lepsza od pozostałych nanonapełniaczy. Także dodatek haloizytu znacząco zwiększa sztywność żywicy, a z kolei wielościennie nanorurki węglowe wpływają na odkształcalność żywicy, co spowodowane jest ich zdolnością do deformacji plastycznej podczas obciążenia. Wskazano, że dodatek wielowarstwowych nanorurek węglowych, naturalnego bentonitu (N 116) lub haloizytu wpływa na ograniczenie rozmiaru zniszczeń kompozytowych podnoszków zastosowanych w obuwiu ochronnym [16].

## Metody badań właściwości ochronnych podnoszków

W celu potwierdzenia parametrów ochronnych podnoszków przeprowadzane są odpowiednie badania laboratoryjne, adekwatne do rodzaju materiału konstrukcyjnego. Zgodnie z PN-EN 12568:2011 [11] badane są następujące właściwości podnoszków: sposób wykończenia, wewnętrzna długość, szerokość kołnierza<sup>3</sup>, odporność na korozję, na starzenie oraz wpływ czynników zewnętrznych, odporność na ude-

<sup>3</sup> „Kołnier” to najwyżej umieszczona część wierzchu obuwia.

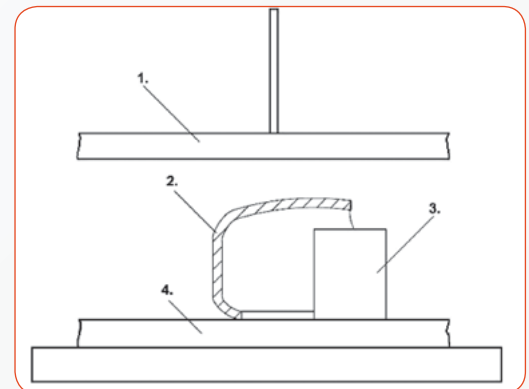
żenie i ściskanie [11]. Stalowe ochrony palców stóp muszą wykazywać odporność na korozję. Z kolei podnoski wykonane z materiałów niemetalowych powinny zachowywać odporność na uderzenie, po uprzednim działaniu wysokiej lub niskiej temperatury, oddziaływaniu na podnosek kwasem siarkowym, zasadą sodową lub olejem napędowym [11].

Kluczowe badania podnoszków ochronnych dotyczą oceny ich właściwości mechanicznych, tj. odporności na uderzenie oraz wytrzymałości na ściskanie. Ważne są w tym kontekście takie cechy materiałów, jak: małe prawdopodobieństwo wystąpienia lokalnych naprężeń niszczących podczas ściskania oraz zwiększona możliwość rozpraszania energii, powstałej w wyniku uderzenia.

Badania wytrzymałości na uderzenie i ściskanie, wykonywane zgodnie z normą PN-EN 12568:2011, są przeprowadzane w celu zakwalifikowania podnoszków do grupy bezpiecznych lub ochronnych. W przypadku wyznaczania odporności na uderzenie i ściskanie, zarówno podnoszków metalowych i niemetalowych, stosowane są te same metody. Badając odporność na uderzenie, po wyznaczeniu osi podnoska umieszcza się go w urządzeniu mocującym wraz z odpowiednio przymocowanym walcem z modeliny. Po ustawieniu bijaka w pozycji umożliwiającej uzyskanie odpowiedniej wartości energii uderzenia, następuje zwolnienie blokady i spadek bijaka na oś badania podnoska. Po wykonaniu badania mierzona jest najmniejsza wysokość, do której walec został wgnieciony, informująca o prześwicie pomiędzy walcem a podnoskiem w chwili uderzenia. Z kolei w badaniu odporności podnoszków na ściskanie, po wyznaczeniu osi podnoska, umieszczany jest on pomiędzy płytami dociskowymi maszyny do badania odporności na ściskanie. Następnie walec z modeliny ustawiany jest pod tylną krawędź górnej części podnoska (rys. 4.). Podnosek poddawany jest ścisaniu z zadaną siłą. Po przeprowadzeniu badania mierzona jest najmniejsza wysokość, do której walec z modeliny został ściśnięty, świadcząca o spełnieniu przez podnosek określonych wymagań. Efekt oddziaływania siły ściskania na stalowy podnosek można zaobserwować porównując podnoski przed i po badaniu (rys. 5.).

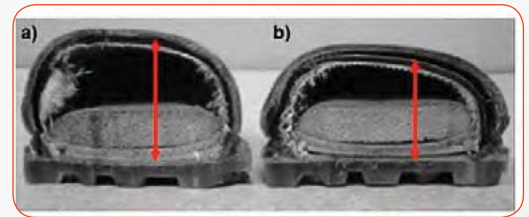
## Nowe kierunki badań

Ocena laboratoryjna skuteczności obuwia ochronnego z podnoskami odbiega od rzeczywistych warunków jego stosowania. Znormalizowane metody badania podnoszków, przyjęte i wykorzystane jako podstawa oceny właściwości ochronnych, mają charakter empiryczny i uproszczone. W związku z tym obuwie wyposażone w podnoski, które uzyskało pozytywne wyniki badań laboratoryjnych, może w warunkach użytkowania być mniej skuteczne i wygodne niż zakładano [19]. Różnice mogą pojawiać się wtedy, gdy ich skuteczność jest ściśle powiązana z cechami morfologicznymi użytkowników oraz



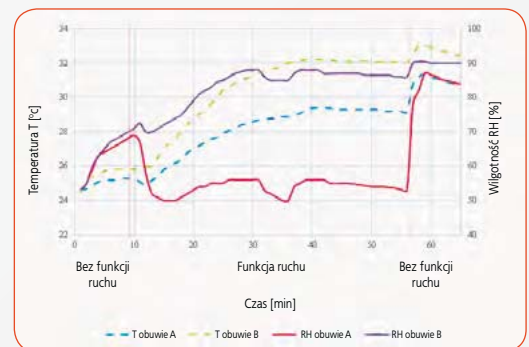
Rys. 4. Przyrząd do badania odporności na ściskanie podnoszków w obuwiu ochronnym w ujęciu schematycznym: 1 – płyta górna, 2 – podnosek, 3 – walec z modeliny, 4 – płyta dolna

Fig. 4. Schematic illustration of apparatus for testing the compressive resistance of toecaps: 1 – upper plate, 2 – toecap, 3 – modelling clay cylinder, 4 – lower plate



Rys. 5. Przykład podnoska stalowego poddanego działaniu siły ścisniającej: a) przed badaniem, b) po badaniu [12]

Fig. 5. Example steel toecap put under the compression load: a) before testing, b) after testing [12]



Rys. 6. Ciągły rejestr zmian temperatury i wilgotności względnej w czasie 60 min wykonany w strefie palców w obuwiu ochronnym typu trzewik: obuwie A (z podnoskiem kompozytowym) oraz obuwie B (z podnoskiem metalowym); (badanie na termicznym modelu stopy w laboratorium CIOP-PIB), [22]

Fig. 6. Changes in temperature and relative humidity during 60 minutes in the toe region of protective footwear: footwear A (with a composite toecap) and in footwear B (with a metal toecap); (tests performed on the thermal foot model in laboratory of CIOP-PIB), [22]

trudnością określenia ograniczeń związanych z warunkami eksploatacji.

Przeprowadzono w tym zakresie wiele badań, w których uczestniczyły instytuty, laboratoria badawcze i uczelnie z różnych krajów (BGIA, FIOH, INRS, INSHT, CIOP-PIB, TNO, NIOSH, Technical University of Denmark, Kent State, Harvard, Washington University). W zakresie badań obuwia ochronnego również wykazano rozbieżności między skutecznością ochron nóg, ocenianą w laboratoriach a tą dokonywaną

w warunkach rzeczywistego użytkowania [20]. W związku z tym opracowywane są różne metody, mające na celu przybliżenie rzeczywistego środowiska pracy w warunkach symulowanego użytkowania. Badania w dużej mierze ukierunkowane są na określenie komfortu użytkowego.

Rosnący poziom rozwiązań pomiarowych związanych z rozwojem techniki elektronicznej i komputerowej umożliwił powstanie metod symulacyjnych, uwzględniających zjawisko odprowadzania potu przez materiały i nieodłączne zjawisko transportu ciepła, z wykorzystaniem termicznych modeli stopy. Analizy z ich wykorzystaniem są mniej skomplikowane od strony organizacyjnej niż badania prowadzone z udziałem uczestników, zapewniają poza tym przeprowadzenie szerokiego spektrum badań w różnych warunkach użytkowania, jak również w odniesieniu do wielu wariantów konstrukcyjnych obuwia. Ponadto są alternatywą dla badań użytkowych na stanowiskach pracy lub w symulowanych warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem np. urządzeń wysiłkowych (bieżnia, stepper), [21].

Obuwie noszone przez pracowników stanowi rodzaj bariery na drodze przepływu ciepła i emisji pary wodnej z powierzchni stopy do otoczenia. Należy podkreślić, że obuwie wyposażone w dodatkowe elementy ochronne, np. wewnętrzne ochrony palców stopy, może wpływać na pogorszenie mikroklimatu w jego wnętrzu. Pod pojęciem mikroklimatu w obuwiu, rozumie się wartość temperatury i wilgotności względnej powietrza, otaczającego stopę umieszczoną w obuwiu oraz ruch powietrza wewnątrz obuwia. Za optymalny ruch powietrza w obuwiu ochronnym stan uznano temperaturę powietrza w granicach 28-34 °C oraz wilgotność względną 60-65%. W CIOP-PIB prowadzono badania symulowanego użytkowania obuwia, wyposażonego w podnoski metalowe i kompozytowe, na termicznym modelu stopy [21].

Stwierdzono, że tradycyjne materiały (metal) mogą stanowić barierę dla ciepła i wilgoci podczas użytkowania obuwia. Wyniki badań (rys. 6.) potwierdziły istotne różnice pomiędzy wartościami temperatury i wilgotności względnej w obuwiu, w którym ochrony palców wykonano z materiałów higienicznych (kompozyty) i niehigienicznych (metal). Badania potwierdziły również, że podnoski metalowe (obuwie B), w porównaniu z podnoskami z materiałów kompozytowych (obuwie A) przyczyniły się do znacznego wzrostu temperatury oraz wilgotności względnej w strefie palców w obuwiu. Następowwała stopniowa kumulacja temperatury i wilgotności w obuwiu pod barierą ochronną. Pot wydzielany przez termiczny model stopy nie miał możliwości odparowania i gromadził się pod barierą ochronną. W konsekwencji obuwie z podnoskami metalowymi uzyskało istotnie wyższe wartości temperatury i wilgotności względnej, w porównaniu z obuwiem z podnoskami kompozytowymi [22]. Rodzaj materiału zastosowanego do wykonania elementów ochronnych obuwia wpływa zatem negatywnie na poczucie komfortu użytkownikowi

obuwia oraz kształtowanie się mikroklimatu wewnątrz obuwia ochronnego [23].

Innym ciekawym badaniem była ocena wpływu rodzaju materiału podnosków na poziom izolacyjności obuwia ochronnego. Na podstawie wyników badań ankietowych oraz pomiarów temperatury, za pomocą czujników umieszczanych w obuwiu, stwierdzono, że przy narażeniu na zimno, podnoski metalowe istotnie wpływają na obniżenie właściwości izolacyjnych obuwia. Wśród ankietowanych aż 57% zgłosiło problem dyskomfortu termicznego związanego z wychładzaniem palców w obuwiu ochronnym [24, 25, 26].

Kolejnym niestandardowym badaniem była ocena wpływu rodzaju materiału podnoska na obniżenie komfortu użytkownika obuwia ochronnego związanego z zachowaniem równowagi użytkowników, która została wykonana na platformie dynamometrycznej. Stwierdzono wtedy, że obuwie o mniejszej masie (z podnoskami kompozytowymi) zapewnia większą stabilność użytkownikom, w porównaniu do obuwia z podnoskami metalowymi. Zastosowane elementy ochronne, w szczególności wykonane ze stali, zwiększają masę obuwia i, w konsekwencji, mogą wpływać na zwiększenie ryzyka utraty równowagi jego użytkowników [27].

## Podsumowanie

W artykule przybliżono podstawowe zagadnienia dotyczące podnosków ochronnych stosowanych w obuwiu w środowisku pracy. Przegląd literatury uprawnia do wniosku, że w zależności od rodzaju materiału wykorzystanego do wytworzenia podnosków ochronnych obuwie może charakteryzować się dobrymi parametrami ochronnymi, ale różnymi parametrami w zakresie właściwości użytkowych. Podnoski metalowe powodują większy dyskomfort termiczny i biomechaniczny u użytkowników, w porównaniu z podnoskami kompozytowymi (pogorszenie mikroklimatu wewnątrz obuwia i równowagi chodu, wychłodzenie stóp). Alternatywą mogą być podnoski wykonane z nowoczesnych materiałów kompozytowych, co służy poprawie właściwości ergonomicznych i użytkowych obuwia ochronnego. Niemniej jednak nie zawsze jest możliwość zastąpienia podnosków metalowych przez kompozytowe ze względu na pojawiające się zastrzeżenia dotyczące ich wytrzymałości mechanicznej. Z doniesień literatury wynika, że podnoski niemetalowe mogą przechodzić badania laboratoryjne z wynikiem pozytywnym, zaś w praktyce – mieć niższą odporność na uderzenie, powstające deformacje i pęknięcia.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Dyrektywa Rady nr 89/686/EWG z dnia 21.12.1989 r. w sprawie ujednoczenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej. Dz.Urz. WE L 399 z grudnia 1989 r. z późn. zm.
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej. Dz.U. z 2005 r.
- [3] *Dobór środków ochrony indywidualnej*. Majchrzycka K., Pościak A. (red.). CIOP-PIB, Warszawa 2007

[4] *Wypadki przy pracy w 2013 r.* Informacje i Opracowania Statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014

[5] Kwon J.Y., Campbell J.T., Myerson M.S., Jeng C.L. *Effect of a Steel Toe Cap on Forefoot Injury Pattern in a Cadaveric Model*. „Foot Ankle International” 2011,32,4:443-447

[6] Kamińska W. *Jak zapewnić komfort fizjologiczny użytkownikom obuwia ochronnego*. Poradnik CIOP-PIB, Warszawa 2004

[7] EN ISO 20345:2011 *Personal Protective Equipment. Safety footwear*

[8] EN ISO 20346:2004 *Personal Protective Equipment. Protective footwear*

[9] EN ISO 20347:2012 *Personal Protective Equipment. Occupational footwear*

[10] Kwon J.Y., Campbell J.T., Myerson M.S., Jeng C.L. *Effect of a Steel Toe Cap on Forefoot Injury Pattern in a Cadaveric Model*. „Foot Ankle International” 2011,32,4:443-447

[11] EN 12568:2010 *Foot and leg protectors – Requirement and test methods for toecaps and penetration resistant inserts*

[12] Kwon J.Y. *Crush Injuries to the Forefoot*. „Trauma Rounds” 2012, Vol. 3

[13] Marr S.J., Quine S. *Shoe concerns and foot problems of wearers of safety footwear*. „OccupMed (Lond)” 1993,43,2:73-77

[14] Lee S.M., Lim T.S., Lee D.G. *Damage tolerance of composite toecap*. „Composite Structures 2005, Vol.67, Issue 2:167-174

[15] Abrate S. *Impact on composite structures*. Cambridge University Press” 1998

[16] Zukas T. Jankauskaite V., Zukiene K., Malcius M. *Low-velocity Impact Behaviour of Carbon Fibre Reinforced Methyl Methacrylate Nanocomposites*. „Materials Science” 2015, No. 2

[17] Jordan J., Jacob K.L., Tannenbaum R., Sharaf M.A., Jasiuk I. *Experimental Trends in Polymer Nanocomposites*. „A Review Materials Science and Engineering” 2005, A393:1-11

[18] Królikowski W., Roslaniec Z. *Nanokompozyty polimerowe*. „Kompozyty (Composites)” 2004,9

[19] Scheffer M. *Long term PPE perspective*. „HSME Magazine Health & Safety Middle East” 2012, Vol.19, 25-33

[20] Mayer A. *Ocena właściwości ochronnych środków ochrony indywidualnej w warunkach użytkowania oraz reprezentatywności metod badań*. „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” 2007,428,5:4-7

[21] Irzmańska E. *Mikroklimat obuwia ochronnego – badania z zastosowaniem termicznego modelu stopy*. „PAK” 2013,59,5:485-488

[22] Irzmańska E. *Case study of the impact of toecap type on the microclimate in protective footwear*. „International Journal of Industrial Ergonomics” 2014,44(5):706-714

[23] Heus R., Schols E. *Water Vapour Transport as a Determinant of Comfort in Evaluating Shoes*. „Elsevier Ergonomics Book Series” 2005,3:445-448

[24] Kuklane K. *Protection of Feet in Cold Exposure*. „Industrial Health” 2009,47:214-253

[25] Turner R. *Safety footwear standards update*. „World Footwear” 2005,19,4:30-31

[26] Kuklane K., Geng Q., Holmér I. *Thermal effects of steel toe caps in footwear*. „International Journal of Industrial Ergonomics” 1999,23,5-6:431-438

[27] Garner J., Wade Ch., Garten R., Chander H., Acevedo E. *The influence of firefighter boot type on balance*. „International Journal of Industrial Ergonomics” 2013,43:77-81

*Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*