

dr inż. GRAŻYNA BARTKOWIAK
DARIUSZ BŁĄŻEJEWSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Jak zmniejszyć dyskomfort pracy w szczelnej odzieży ochronnej

Szczelna (barierowa) odzież ochronna stosowana przede wszystkim do ochrony pracownika przed chemikaliami, wykonana z powleczonych materiałów nieprzepuszczających pary wodnej, jest bardzo często źródłem obciążenia cieplnego jej użytkownika. Ma to miejsce głównie podczas intensywnej pracy fizycznej [1].

Stanowiąc barierę pomiędzy człowiekiem a szkodliwym środowiskiem pracy, szczelna odzież ochronna utrudnia wymianę ciepła i pary wodnej między ciałem a otoczeniem. Ciepło wytwarzane przez organizm pracownika nie jest przekazywane w całości do otoczenia, a wydzielany w tych warunkach intensywnie pot nie może swobodnie odparowywać. Następuje wzrost temperatury ciała człowieka i wzrost wilgotności mikroklimatu pododzieżowego, aż do jego nasycenia. Pot gromadzi się na skórze i kondensuje na wewnętrznej powierzchni odzieży, zwiększając dyskomfort użytkownika.

Podkreśla się [2] bardzo duży wpływ parametrów mikroklimatu, a szczególnie wilgotności, na odczucia użytkownika związane z komfortem cieplnym. W normalnych warunkach użytkowania, wilgotność względna pod odzieżą wynosi $40 \div 60\%$, wartości powyżej $70 \div 80\%$ i stromy wzrost wilgotności związany jest z odczuciem parności, duszności i wyraźnego dyskomfortu. Uczucie dyskomfortu zwiększa występowanie na skórze potu. Szczelna odzież ochronna powoduje skrajnie niekorzystny stan mikroklimatu pododzieżowego charakteryzujący się wysoką wilgotnością i temperaturą powietrza, obciąża organizm użytkownika, a przede wszystkim jego układ sercowo-naczyniowy w czasie wykonywania wysiłku fizycznego [3, 4].

Przykładem szczelnej odzieży ochronnej, powodującej znaczne obciążenie organizmu jej użytkownika jest odzież gazoszczelna. Badania przeprowadzone w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy wykazały, że wydatek energetyczny pracy w odzieży gazoszczelnej był od 11 do 34% większy niż w ubraniu z tkaniny drelchowej [5]. Szczególnie uciążliwe dla organizmu jest stosowanie powleczonych odzieży ochronnej w środowisku o podwyższonej temperaturze.

O komforcie użytkowym decyduje jednak nie tylko odzież zewnętrzna, lecz cały ubiór. Odzież noszona blisko ciała (bielizna) ma znaczący wpływ na kształtowanie mikroklimatu pododzieżowego i odczucia cieplne użytkownika. Dyskomfort związa-

ny z użytkowaniem szczelnej, barierowej odzieży ochronnej można w znacznym stopniu zmniejszyć, stosując odpowiednią odzież (bieliznę) podbarierową, która będzie korzystnie kształtować mikroklimat pododzieżowy.

Badania nad materiałami podbarierowymi

Analiza stanu hydrotermicznego występującego pod szczelną barierą ochronną oraz właściwości materiałów włókienniczych wpływających na odprowadzanie ciepła i wilgoci, posłużyły do opracowania modelu materiału przeznaczonego na odzież podbarierową (spodnią) do stosowania pod szczelną odzieżą ochronną, w warunkach intensywnej pracy, a więc wydzielania dużej ilości ciepła i potu. Materiał taki powinien aktywnie współpracować ze skórą użytkownika odzieży w odprowadzaniu nadmiaru ciepła i wilgoci oraz kształtować wokół niej korzystny mikroklimat.

Gdy na skórze pojawia się ciekły pot, materiał odzieży podbarierowej powinien umożliwiać jego odprowadzenie, a następnie skuteczną absorpcję. Aby wyeliminować uczucie mokrości, wynikające z sorpcji wilgoci, warstwa materiału znajdująca się od strony skóry powinna być wykonana z surowca o minimalnej sorpcji wilgoci oraz charakteryzować się strukturą zapewniającą jej dobry transport kapilarny. Założono więc dwuwarstwową strukturę materiału przeznaczonego do użytkowania pod szczelną odzieżą ochronną, w którym pierwsza wewnętrzna warstwa powinna umożliwiać dyfuzję pary wodnej i transport kapilarny cieczy, natomiast druga warstwa powinna zatrzymywać w swojej strukturze wilgoć. Model materiału przedstawiono na rys.1.

W celu wyboru optymalnych surowców włókienniczych oraz struktur materiałowych, przeznaczonych na materiał podbarierowy, wykonano w Politechnice Łódzkiej serię dzianin o zróżnicowanym składzie surowcowym i budowie.

Do wytworzenia materiałów zastosowano surowce z polimerów włóknotwórczych o zróżnicowanym powinowactwie do wilgoci:

Publikacja opracowana na podstawie wyników zadań badawczych wykonanych w ramach programu wieloletniego (b. SPR-1) pn. „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy”, dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy

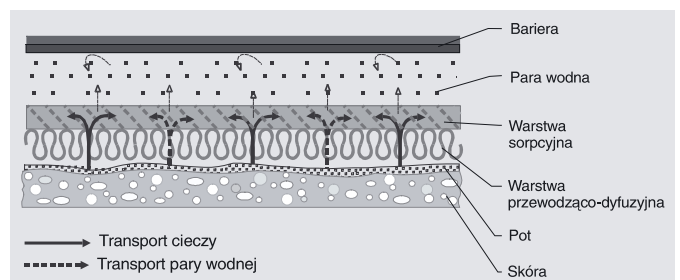
- poliester (PES) i polipropylen (PP) na warstwy przewodząco-dyfuzyjne
- bawełna (CO), wiskoza (CV) na warstwy sorpcyjne.

Przeprowadzone badania instrumentalne dzianin wykazały, iż najlepszym surowcem na pierwszą warstwę pakietu tekstylnego, noszoną blisko ciała jest poliester, zaś na drugą warstwę o właściwościach sorpcyjnych najlepiej oceniono wiskozę, głównie ze względu na wysoką sorpcję potu ciekłego i korzystne kształtowanie wilgotności mikroklimatu pododzieżowego [6].

Z dzianin dwuwarstwowych najlepiej pod względem kształtowania mikroklimatu podbarierowego oceniono dzianinę poliestrowo-wiskozową (PES/CV) w splocie podbiciowym.

Ubiory, ich badania i uzyskane wyniki

Badania w komorze mikroklimatycznej dotyczyły dwóch rodzajów odzieży (bielizny) podbarierowej (noszonej pod szczelną odzieżą ochronną), z których pierwsza wykonana została z dzianiny bawełnianej, a druga z dzianiny poliester/wiskoza (PES/CV) w splocie podbiciowym. Odzież podbarierowa składała się z bluzy z długimi rękawami oraz spodni z długimi nogawkami i była badana pod



Rys. 1. Model materiału podbarierowego przeznaczonego do użytkowania pod szczelną odzieżą ochronną

CHARAKTERYSTYKA BADANYCH ZESTAWÓW ODZIEŻOWYCH

Zestaw odzieżowy badany w komorze	Rodzaj odzieży ochronnej	Rodzaj odzieży podbarierowej
A1	Odzież wykonana z tkaniny syntetycznej powleczonej PVC	Typ 1 materiał: dzianina bawełniana w splocie interlokowym
A2	jw.	Typ 2 materiał: dzianina dwuwarstwowa PES/CV w splocie podbiowym

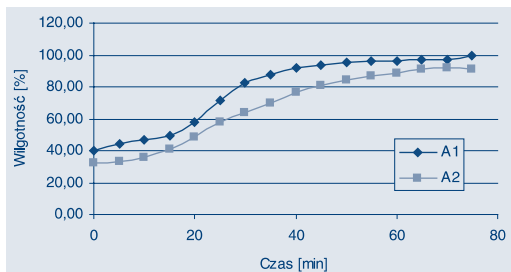
szczelną odzieżą ochronną. Charakterystykę badanych zestawów odzieżowych przedstawiono w tabeli.

Badania przeprowadzono w komorze mikroklimatycznej w temperaturze 22 °C, przy wilgotności względnej powietrza 40%, zaś ruch powietrza wynosił 0,2 m/s. Czas jednego eksperymentu w komorze mikroklimatycznej wynosił 75 min, w tym 10 min trwał okres wstępnego spoczynku (w pozycji siedzącej), 60 min pracy na cykloergometrze z obciążeniem 60 W, a następnie 5 minut odnowy w komorze, w tych samych warunkach mikroklimatycznych.

Ocenę odzieży pod względem komfortu cieplnego oparto na podstawie analizy mikroklimatu pododzieżowego. Wykonywano badania **wilgotności i temperatury** pomiędzy skórą a odzieżą podbarierową.

Wszystkie pomiary dokonywane były w pozycji siedzącej, zgodnie z procedurami obowiązującymi w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy.

Zgodnie z oczekiwaniami, podczas pracy w szczelnej odzieży ochronnej następował wzrost wilgotności i temperatury mikroklimatu pododzieżowego. Różnice pomiędzy odzieżą bawełnianą a podbarierową PES/CV zaznaczyły się szczególnie w zakresie kształtowania wilgotności mikroklimatu pododzieżowego. Jego charakterystyka była zróżnicowana i zależna od intensywności wydzielania potu na różnych częściach skóry.



Rys. 2. Kształtowanie wilgotności mikroklimatu pododzieżowego na klatce piersiowej w odniesieniu do dwóch zestawów odzieżowych: A1 – szelna odzież ochronna + odzież bawełniana, A2 – szelna odzież ochronna + odzież podbarierowa PES/CV

Najszybszy wzrost wilgotności występował na plecach i na lewym udzie. Po 40 min eksperymentu wilgotność zestawu odzieży A1 (odzież spodnia bawełniana) wynosiła około 100%, a w odniesieniu do zestawu A2 (odzież podbarierowa PES/CV) jedynie 85%.

Wzrost wilgotności powietrza w mikroklimacie na klatce piersiowej i na lewym ramieniu następował łagodniej niż na plecach i na lewym udzie. Tylko w odniesieniu do zestawu A1 uzyskano w ostatnich minutach eksperymentu wilgotność 100%. Zdecydowanie niższą wilgotność mikroklimatu kształtowała się w odniesieniu do zestawu odzieżowego A2, w którym zastosowano odzież podbarierową PES/CV (rys. 2.).

Na podstawie wyników badań dynamiki mikroklimatu w komorze mikroklimatycznej można stwierdzić, że odzież podbarierowa wpływa w dużym stopniu na kształtowanie wilgotności mikroklimatu pod odzieżą ochronną. Zdecydowanie najkorzystniejszy mikroklimat dla użytkownika szczelnej odzieży ochronnej, uzyskano stosując odzież podbarierową poliestrowo-wiskozową (PES/CV).

Korzystne kształtowanie wilgotności mikroklimatu przez odzież podbarierową PES/CV spowodowane jest przede wszystkim wysokim odprowadzaniem, a następnie pochłanianiem potu ciekłego przez układ materiałów zastosowany w tej odzieży. W miejscach stykania się materiału odzieży ze skórą następowało wysokie odprowadzanie (zbieranie) z niej potu, co powodowało, iż stawała się ona w tych miejscach bardziej sucha. Umieszczenie blisko skóry użytkownika dzianiny z poliestrowych włókien, których tworzywo w niewielkim stopniu pochłania parę wodną i pot, powodowało, iż skóra stykała się z suchą powierzchnią odzieży podbarierowej, co wpływało na obniżenie wilgotności mikroklimatu. Potwierdziły to badania w komorze mikroklimatycznej, gdzie po zakończeniu eksperymentu stwierdzono, że powierzchnia odzieży podbarierowej typu 2., stykająca się ze skórą była sucha, w odróżnieniu od mocno wilgotnej powierzchni odzieży bawełnianej – typ 1.

Mniej korzystne kształtowanie mikroklimatu przez odzież z dzianiny bawełnianej (typ 1.) wynika przede wszystkim z faktu, iż nie wykazuje ona tak wysokiej zdolności odprowadzania i pochłaniania ciekłego potu, jak dzianina poliestrowo-wiskozowa. Mokra powierzchnia dzianiny bawełnianej znajdowała się w kontakcie ze skórą użytkownika, co powodowało, iż wilgotność mikroklimatu była wyższa, niż gdy skóra stykała się z powierzchnią suchą.

Pozytywny wynik przeprowadzonych badań pozwolił na wykonanie partii informacyjnej odzieży podbarierowej PES/

wiskozowej. W trakcie badań użytkowych partii informacyjnej, m.in. w jednostkach straży pożarnej, uzyskano pozytywną ocenę użytkowników odzieży.

* * *

Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych i użytkowych świadczą o tym, że przez odpowiednio dobraną odzież podbarierową, stosowaną pod szczelną odzieżą ochronną, można ograniczyć dyskomfort pracy.

Przeprowadzone badania potwierdzają, że optymalnym surowcem na warstwę materiału odzieży podbarierowej, noszoną blisko ciała, są teksturowane przede poliestrowe, a na warstwę zewnętrzną, włókna wiskozowe.

PIŚMIENICTWO

[1] Holmer I. *Protective Clothing and Heat Stress*, Ergonomics, 1995, nr 1, s. 166
 [2] Haase J. *Prüfung und Bewertung der bekleidungshygienischen Eigenschaften von textilen Erzeugnissen*, Textiltechnik 30, 1980, nr 5, s. 314
 [3] Sawicka A. i inni *Fizjologiczna ocena obciążenia pracą w odzieży z materiałów powlekanych – sprawozdanie z pracy naukowo-badawczej*, CIOP, Warszawa 1993
 [4] Marszałek A., Sawicka A. *Impermeable Protective Clothing – Work Time Must be limited*. Proceedings Fiofth Scandinavian Symposium on Protective Clothing 5-8 Maj 1997
 [5] Bugajska J. i inni *Opracowanie metodyki oceny odzieży ochronnej z punktu widzenia spełnienia wymagań fizjologii i higieny pracy. Punkt kontrolny nr 2 pn. "Ocena odzieży w komorze mikroklimatycznej na podstawie analizy dynamiki parametrów fizjologicznych i fizycznych"*, SPR 1, zadanie III.15.4, CIOP, Warszawa 1997
 [6] Bartkowiak G.: Liquid sorption in two-layer textiles designed for use under hermetic protective barrier. *Fibres and Textiles in Eastern Europe* 2000, nr 4

