

dr inż. GRZEGORZ GRALEWICZ
 dr inż. MARCIN JACHOWICZ
 dr inż. KRZYSZTOF BASZCZYŃSKI
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy

System elektronicznego monitoringu parametrów środków ochrony indywidualnej



W artykule przedstawiono podstawowe informacje na temat czynników mogących spowodować uszkodzenia w środkach ochrony indywidualnej wykonanych z tworzyw sztucznych. Omówiono także sposób monitorowania wpływu niektórych zjawisk (różnorodność warunków środowiska) na zmianę parametrów ochronnych za pomocą elektronicznego systemu wbudowanego w środki ochrony indywidualnej.

Electronic system for monitoring parameters of personal protective equipment

This article presents basic information about factors that may damage personal protective equipment made of plastics. It discusses ways of monitoring the impact of some of those phenomena on the change in parameters with an electronic system built into personal protective equipment.

Wstęp

Różnorodność warunków środowiska pracy powoduje, że w wielu przypadkach nie ma możliwości ochrony pracowników przez odpowiednie działania techniczne, w tym stosowanie środków ochrony zbiorowej, bądź organizacyjne. Pozostaje wtedy jedynie możliwość zastosowania środków ochrony indywidualnej (ŚOI), a te charakteryzują się określoną żywotnością, która zależy m.in. od stopnia ich ekspozycji na działanie czynników środowiskowych w miejscu użytkowania. W związku z tym, istotną kwestią jest posiadanie przez ŚOI odpowiednich właściwości ochronnych przez cały czas ich użytkowania, a niestety często zmiany stopnia ochrony są niemożliwe do wykrycia przez pracownika.

W artykule przedstawiono podstawowe informacje na temat czynników mogących spowodować uszkodzenia w środkach ochrony indywidualnej wykonanych z tworzyw sztucznych oraz sposób monitorowania wpływu niektórych z tych zjawisk na zmianę parametrów ochronnych za pomocą elektronicznego systemu wbudowanego w środki ochrony indywidualnej. Zaprojektowany i wykonany w ramach prac badawczych w CIOP-PIB model elektronicznego systemu monitorowania promieniowania nadfioletowego i temperatury charakteryzuje się małymi wymiarami, co umożliwia wbudowanie go w przemysłowy hełm ochronny oraz zamocowa-

nie na taśmie włókienniczej stosowanej do produkcji szelek bezpieczeństwa chroniących przed upadkiem z wysokości. Główne zadania systemu to zliczanie dawki promieniowania nadfioletowego oraz badanie, czy nie zostały przekroczone progi temperaturowe, które są zaprogramowane. Spełnienie wymagań (małe wymiary obudowy, redukcja masy oraz wydłużenie czasu nieprzerwanej pracy do min. 3 miesięcy) nałożonych na elektroniczny system było możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnych rozwiązań elektronicznych typu „Nano Low Power”.

Czynniki wpływające na zmianę parametrów ochronnych ŚOI

Badania laboratoryjne prowadzone w Health and Safety Executive [1] w Wielkiej Brytanii i Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym [2-4], zarówno nad środkami ochrony indywidualnej wycofanymi z użytkowania, jak i nowymi, poddanymi przyspieszonemu starzeniu, wykazały, że głównymi czynnikami powodującymi utratę przez ŚOI właściwości ochronnych są:

- promieniowanie: nadfioletowe (UV), widzialne oraz podczerwone (IR – niskie i wysokie temperatury)
- oddziaływania mechaniczne, takie jak: tarcie, przecieranie, przebijanie

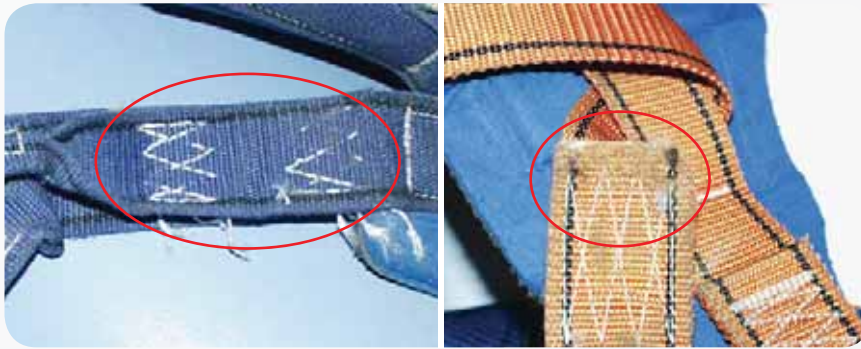
- wnikanie pyłu w strukturę materiałów włókienniczych
- oddziaływanie agresywnych substancji chemicznych
- wilgoć.

Zwłaszcza występujące w dużych dawkach promieniowanie UV i IR może wywołać często niewidzialne „gołym okiem”, ale znaczące zmiany w strukturze materiału, z którego wykonano środki ochrony indywidualnej. Materiały włókiennicze oraz tworzywa sztuczne w postaci litych elementów, poddane wielokrotnemu procesowi nadmiernego nagrzania, oziębienia lub/i naświetlenia promieniowaniem UV zmieniają swoją wytrzymałość, co w przypadku ich zastosowania w sprzęcie służącym do ochrony pracownika staje się poważnym problemem (fot. 1.).

Oddziaływanie promieniowania UV i IR na degradację tworzyw sztucznych

W badaniach nad zmianami cech materiałów konstrukcyjnych pod wpływem promieniowania i temperatury niezmiernie cenne są narzędzia pozwalające na monitorowanie czynników powodujących utratę właściwości ochronnych. Są one pomocne w poprawie bezpieczeństwa pracowników narażonych na agresywne czynniki środowiska pracy, gdyż pozwalają np. na ustalenie adekwatnych do stopnia zużycia okresów przeglądów technicznych i wymiany środków ochrony indywidualnej na nowe, a także pozwalają pośrednio informować użytkownika o ich uszkodzeniu.

Pod wpływem promieniowania UV lub IR w polimerach zachodzą nieodwracalne zmiany strukturalne, które powodują m.in. zmniejszenie ciężaru cząstkowego i zmianę składu chemicznego (tabela). Mogą one być wynikiem przemian chemicznych lub fizycznych dokonujących się w trakcie przetworstwa, magazynowania oraz ekspozycji tworzyw – procesy te nazywane są starzeniem tworzyw sztucznych [5]. W celu przedłużenia czasu użytkowania polimerów modyfikuje się je metodami fizycznymi i chemicznymi, za pomocą modyfikatorów (zwiększenie odporności na degradację fotochemiczną zapewniają także dodatki w postaci filtrów UV). Do modyfikatorów antystarzeniowych



Fot. 1. Mechaniczne uszkodzenia szwów szelk bezpieczeństwa stosowanych do pracy na wysokościach pod wpływem działania czynników mechanicznych, termicznych bądź promieniowania UV

Photo 1. Mechanical damage to the suture harness used to work at heights under the influence of mechanical, thermal and UV radiation

zaliczyć można: stabilizatory cieplne lub świetlne, antyutleniacze oraz mikrobiocydy [6], które po daniu w trakcie procesu przetwarzania nie powodują zmiany struktury molekularnej polimeru, a jedynie zmiany fizykochemiczne produktu końcowego.

Szybkość degradacji polimerów zależy przede wszystkim od ich własności fizycznych i chemicznych. Im większa masa cząstkowa polimeru tym rozkład jest wolniejszy (szybsza degradacja następuje w polimerach o prostej budowie niż rozgałęzionej).

Degradacja termiczna w polimerach zachodzi pod wpływem podwyższonej temperatury (bez udziału czynników chemicznych). Materiały polimeryczne rzadko są chemicznie czyste, zwykle zawierają dodatkowe składniki: barwniki, wypełniacze, stabilizatory oraz zanieczyszczenia. Te dodatkowe składniki pod wpływem podwyższonej temperatury reagują z polimerem.

Degradacja fotochemiczna w polimerach oznacza zmiany fizyczne i chemiczne pod wpływem promieniowania widzialnego lub UV. Inicjacja reakcji fotochemicznej uwarunkowana jest obecnością dodatkowych czynników absorbujących promieniowanie (grupa chromoforowa). Znajomość stopnia degradacji jest szczególnie istotna ze względów praktycznych, gdyż produkty z materiałów polimerowych bardzo często narażone są na działanie promieniowania słonecznego (zakres widzialny i UV).

Fotodegradacja zachodzi na powierzchni polimeru – występują pęknięcia, następuje penetracja promieniowania w głąb materiału.

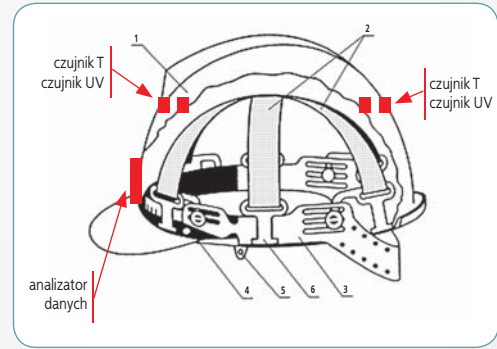
Elektroniczny system wbudowany w środki ochrony indywidualnej

Elektroniczny system składa się z dwóch czujników promieniowania nadfioletowego, dwóch czujników temperatury oraz analizatora danych – układu przetwarzania i analizy sygnałów z czujników. Wymienione elementy elektronicznego systemu wbudowano w przemysłowy hełm ochronny i zamocowano na szelkach bezpieczeństwa.

Schemat rozkładu czujników oraz umiejscowienie analizatora danych wbudowanych w przemysłowy hełm ochronny przedstawiono na rys. 1.

Czujniki promieniowania nadfioletowego i temperatury zamocowano w płaszczyźnie skorupy na przeciwległych stronach hełmu. Przewody do analizatora danych poprowadzono pod skorupą hełmu, aby uniknąć możliwości ich uszkodzeń mechanicznych. Analizator danych umieszczono w przedniej części, na zewnątrz, w miejscu gdzie instalowane jest dodatkowe wyposażenie hełmów (np. w hełmach stosowanych w górnictwie montuje się lampy oświetleniowe), (fot. 2.).

W przypadku szelk bezpieczeństwa również niezbędne jest zamocowanie dwóch par czujników promieniowania nadfioletowego i temperatury po przeciwnej stronie. Schemat takiego rozkładu czujników oraz umiejscowienie analizatora danych przedstawiono na rys. 2.



Rys. 1. Konstrukcja typowego przemysłowego hełmu ochronnego ze wskazaniem umieszczenia elementów elektronicznego systemu monitorowania promieniowania nadfioletowego i temperatury: 1 – skorupa, 2 – więźba, 3 – pas główny, 4 – potnik, 5 – zaczep paska podbródkowego, 6 – zaczep pasa więźby

Fig. 1. The construction of a typical industrial safety helmet with the location of the electronic system: 1 – shell, 2 – scantlings, 3 – main belt, 4 – sweatbelt, 5 – clip chin strap, 6 – truss belt clip

Czujniki promieniowania nadfioletowego i temperatury zamocowano w uchwytach nośnych, które przymocowano do powierzchni pasów głównych piersiowego i barkowego. Przewody do analizatora danych poprowadzono wzdłuż pasów głównych, aby uniknąć możliwości ich uszkodzeń mechanicznych. Analizator danych umieszczono w przedniej części na pasie barkowym szelk bezpieczeństwa (fot. 3.).

Główne zadania systemu to zliczanie dawki promieniowania nadfioletowego (UV) oraz badanie, czy nie zostały przekroczone progi temperaturowe, które są zaprogramowane. Czujnik promieniowania UV dokonuje pomiaru w zakresie długości fal (225-380) nm z dokładnością $\pm 5\%$ i nalicza dawkę promieniowania z częstotliwością 1 Hz, natomiast zakres mierzonej temperatury to -30 do $+160$ °C, dokładność ± 1 °C. Programowane są progi dawki promieniowania oraz temperatury, po przekroczeniu których uruchamiany jest alarm. Jest to sygnalizowane migającą diodą LED umieszczoną na panelu przednim. Dodatkowo system kontroluje napięcie baterii oraz w przypadku wykrycia wyladowywania baterii informuje użytkownika o konieczności ich wymiany.

Badania wpływu czynników środowiska pracy oraz identyfikacja typowych uszkodzeń wybranych

Tabela. Wybrane tworzywa sztuczne stosowane m.in. do produkcji środków ochrony indywidualnej

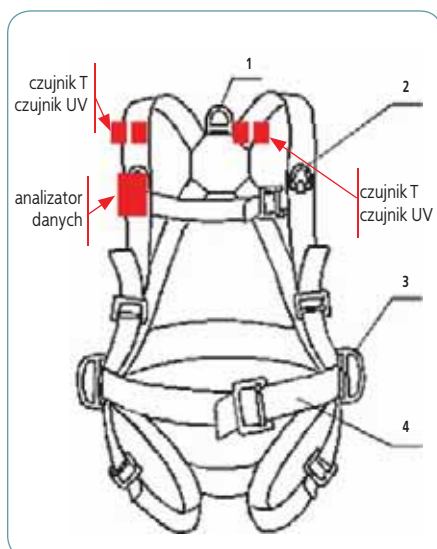
Table. Selected materials used in structures of personal protective equipment

Nazwa handlowa polimeru	Zastosowanie
Polietylen, ABS	hełmy ochronne
Polipropylen, moplen	hełmy ochronne
Dutral	rękawice ochronne
Polichlorek winylu	obuwie, rękawice ochronne, odzież
Poliwęglan, pleksiglas	środki ochrony oczu i twarzy
Buna	obuwie, rękawice ochronne
Neopren	obuwie, rękawice ochronne
Żywice epoksydowe	środki ochrony oczu i twarzy, hełmy
Terylen	rękawice, odzież ochronna
Nylon 66	rękawice, odzież ochronna
Stylon	rękawice, odzież ochronna



Fot. 2. Elementy modelu elektronicznego systemu monitorowania promieniowania nadfioletowego i temperatury wbudowane w przemysłowym hełmie ochronnym

Photo 2. Elements of an electronic system for monitoring ultraviolet radiation and temperature built into an industrial protective helmet



Rys. 2. Przykład konstrukcji szelek bezpieczeństwa ze wskazaniem umieszczenia elementów modelu elektronicznego systemu monitorowania promieniowania nadfioletowego i temperatury: 1 – grzbietowa klamra zaczepowa, 2 – piersiowa klamra zaczepowa, 3 – klamra pasa biodrowego, 4 – pas biodrowy

Fig. 2. Example of a construction safety harness with the location of the elements of an electronic for monitoring ultraviolet radiation and temperature: 1 – dorsal buckle fastener, 2 – chest buckle latch, 3 – buckle of lap belt, 4 – lap belt

środków ochrony indywidualnej (hełmów ochronnych oraz elementów sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości) powstających w wyniku działania promieniowania UV oraz IR pozwoliła na oszacowanie parametrów progowych wartości dawki promieniowania UV i temperatury. Informacje te wprowadzono do pamięci elektronicznego systemu monitorowania czynników powodujących utratę właściwości ochronnych.

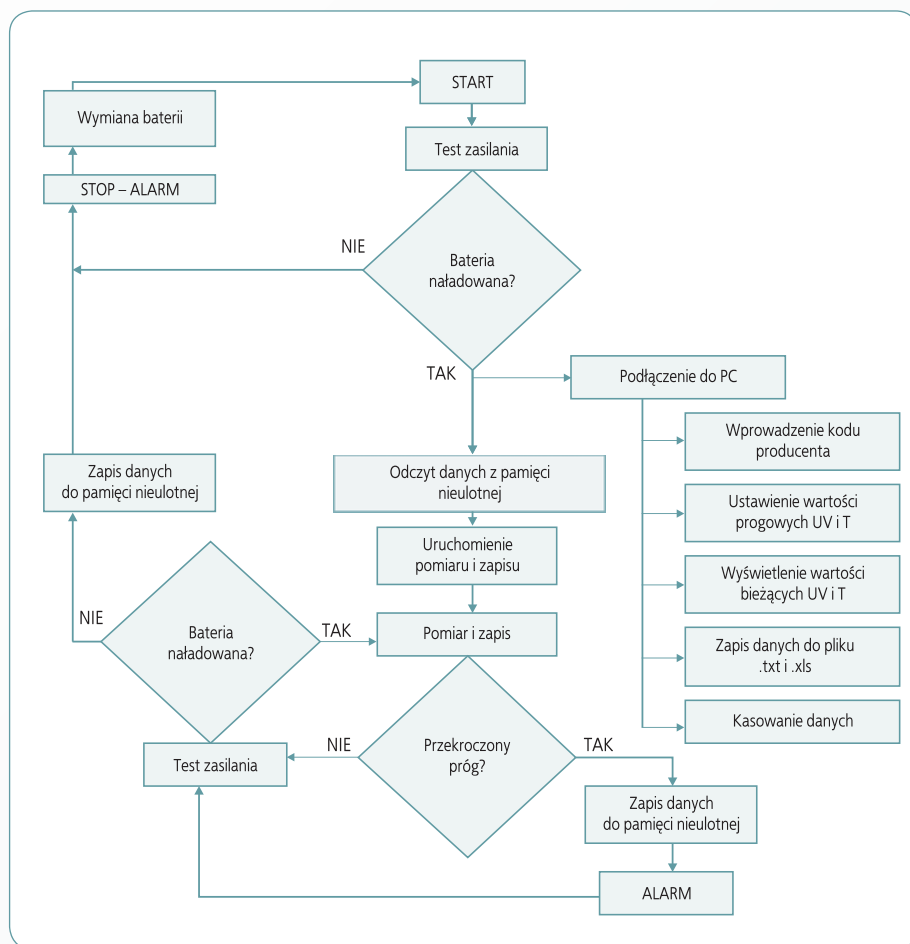
System funkcjonuje na podstawie algorytmu decyzyjnego (rys. 3.). W przypadku przekroczenia zadanej wartości progowej dawki promieniowania UV lub temperatury, mogącej powodować znaczne obniżenie właściwości ochronnych sprzętu, pracownik jest informowany o konieczności przeglądu bądź wymiany środka ochrony indywidualnej.

Komunikacja systemu z komputerem PC jest realizowana przez łącze USB. Po podłączeniu do komputera i podaniu kodu zabezpieczającego producenta, z wykorzystaniem aplikacji komputerowej możliwe jest:



Fot. 3. Elementy modelu elektronicznego systemu monitorowania promieniowania nadfioletowego i temperatury zamocowane na szelkach bezpieczeństwa

Photo 3. Elements of an electronic system for monitoring ultraviolet radiation and temperature fitted on a safety harness



Rys. 3. Algorytm działania licznika

Fig. 3. Algorithm of the analyser data

- ustawienie wartości parametrów progowych: dawki promieniowania UV oraz progów temperatury
- wyświetlenie wartości bieżących natężenia promieniowania UV
- wyświetlenie wartości bieżących temperatury powierzchni hełmu lub szelek
- zapis danych pomiarowych do pliku.txt i.xls
- kasowanie danych z pamięci nieulotnej.

Podsumowanie

Rosnący udział tworzyw sztucznych w konstrukcjach środków ochrony indywidualnej wymusza stosowania nowych narzędzi umożliwiających monitorowanie stopnia ich degradacji. Jest to bezpośrednio związane z monitorowaniem szkodliwego wpływu czynników środowiskowych na środki ochrony indywidualnej.

Zastosowanie odpowiednio zaprogramowanych elektronicznych systemów wbudowanych w ŚOI umożliwia w sposób pośredni monitorowanie stopnia degradacji tworzyw sztucznych, czyli monitorowanie zachowania parametrów ochronnych. Dzięki temu można osiągnąć poprawę bezpieczeństwa pracowników narażonych na agresywne czynniki środowiska pracy, ustalić właściwy (w zależności od szybkości zużycia środków ochrony indywidualnej) czas przeglądów technicznych i wymiany sprzętu na nowy oraz zapis „cyklu pracy i narażenia” środków ochrony indywidualnej na czynniki środowiskowe podczas ich eksploatacji.

PIŚMIENNICTWO

[1] Mr. C. Wilson *Assesment of factors that influence the tensile strength of safety harnesses and lanyard webbings*. HSL/2002/16

[2] K. Baszczyński, M. Jachowicz, A. Jabłońska *Opracowanie metodyki badań dla potrzeb szacowania dopuszczalnego okresu użytkowania uprząży chroniących przed upadkiem z wysokości. Sprawozdanie z realizacji zadania O3.5, CIOP-PIB, 2006-2007*

[3] K. Baszczyński, Z. Zrobek *Wpływ atmosferycznych warunków na działanie urządzeń samozaciskowych z giętkimi prowadnicami*. „Bezpieczeństwo Pracy” 6(347)2000, s. 17-19

[4] K. Baszczyński *Influence of weather conditions on the performance of energy absorbers and guided type fall arresters on a flexible anchorage line during fall arresting*. Safety Science 42 (2004), p. 519-536, Elsevier

[5] CIE S013/E: 2003 *International Standard Global Solar UV Index*

[6] T. Sikorski *„Podstawy chemii i technologii polimerów”*. PWN, Warszawa 1985

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2008-2010 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.