

Załącznik nr 1

Wytyczne do konstrukcji fotochromowych dozymetrów
promieniowania nadfioletowego

1. Zasada działania dozymetrów fotochromowych

Opracowana koncepcja wytwarzania dozymetrów promieniowania UV, została oparta na wykorzystaniu barwników fotochromowych. Barwnik fotochromowy ulega reakcji fotochromowej pod wpływem absorpcji promieniowania słonecznego, w wyniku, której następuje wzbudzenie cząsteczki barwnika oraz powstanie nowego pasma absorpcji w obszarze widzialnym (barwy).

Jednocześnie absorpcja promieniowania nadfioletowego, następująca w czasie ekspozycji na UV powinna powodować degradację barwnika fotochromowego – objawiającą się stopniowym zanikiem reakcji barwnej.

Zanik reakcji fotochromowej (zmiana barwy dozymetru z niebieskiej na żółtą) stanowi informację o napromienieniu erytemalnym promieniowaniem nadfioletowym przekraczającym dawkę MED dla skóry poddanej preadaptacji.

2. Sposób wykonania dozymetru fotochromowego

Dozymetr fotochromowy promieniowania nadfioletowego składa się z:

- filmu polimerowego zawierającego barwnik fotochromowy;
- podłoża wykonanego z elastycznego tworzywa sztucznego;
- uchwyty do mocowania dozymetru do odzieży pracownika.

Metoda aplikacji barwnika fotochromowego do polimeru

Barwniki barwnik 1',3',3'-trimetylo-6-nitrospiro[2H-1-benzopyrano-2,2'-indolinu] wprowadzić do filmu polimerowego, zawierającego polistyren jako nośnik polimerowy oraz octan etylu jako rozpuszczalnik, w przedstawiony poniżej sposób:

- 1) wykonać mieszaninę zawierającą 45 g octanu etylu, 50 g polistyrenu oraz 100 mg barwnika, rozpuszczalnik z polimerem oraz barwnikiem mieszano do otrzymania homogenicznej mieszaniny, z zastosowaniem mieszadła ultradźwiękowego,
- 2) mieszaninę o objętości 66,0 ml wylać do szklanych form. Jako formy można wykorzystać szalki Petriego o średnicy wewnętrznej 145 ± 1 mm. Początkowa grubość warstwy mieszaniny powinna wynosić 4 mm,
- 3) formy ustawić na wypoziomowanej płaszczyźnie na okres 48 godzin w temperaturze 22 °C w celu odparowania rozpuszczalnika (aby zapobiec nadmiernej szybkości odparowania rozpuszczalnika formy np. szalki Petriego, przykryć szklanymi szybkami,

- 4) następnie formy zawierające film polimerowy kondycjonować w temperaturze -7°C , w celu odklejenia polimeru od podłoża szklanego. Po odparowaniu rozpuszczalnika grubość uzyskanego filmu polimerowego powinna wynosić $1,0 \pm 0,05 \text{ mm}$.

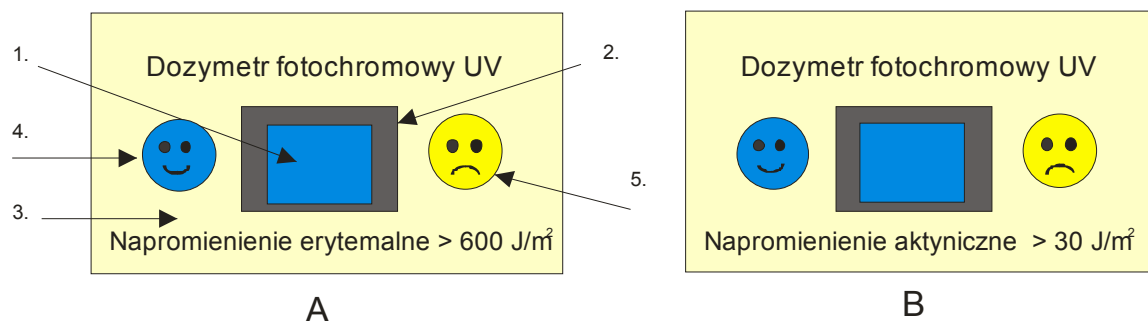
Wykonanie indykatora

- 1) Filmy polimerowe pociąć na elementy o wymiarach 20 mm x 15 mm.
- 2) Fragmenty filmu polimerowego, zawierającego barwnik fotochromowy nakleić na ciemne, matowe podłoże, wykonane z elastycznego tworzywa sztucznego, np. polichlorku winylu.

Zastosowanie ciemnego podłoża pozwala na redukcję odbicia promieniowania nadfioletowego od wewnętrznej powierzchni dozymetru (a tym samym wtórnej ekspozycji na promieniowanie nadfioletowe).

- 3) Do tylnej ściany podłoża dozymetru zamocować uchwyt do mocowania dozymetru do odzieży.

Schemat dozymetrów erytemalnego i aktywniczego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1 Schemat konstrukcji fotochromowego dozymetru promieniowania nadfioletowego

A) Erytemalnego

B) Aktywniczego

Przykład fotochromowych dozymetrów naturalnego oraz sztucznego promieniowania nadfioletowego przedstawiono na rysunku 2.

Na dozymetrze do pomiaru napromienienia erytemalnego naniesiono ikony przedstawiające barwę polimeru, przy której nie ma przekroczenia dawki 600 J/m^2 (barwa niebieska i uśmiechnięta ikonka) i przy której występuje przekroczenie tej dawki (barwa żółta i smutna ikonka). W ten sposób pracownik nie musi pamiętać jaki kolor polimeru na dozymetrze odpowiada przekroczeniu dawki.



A



B

Rys. 2 Widok fotochromowych dozymetrów promieniowania nadfioletowego

A – naturalnego (erytemalny);

B – sztucznego (aktyniczny).

Kalibracja dozymetrów

Przed wykonaniem badań narażenia pracowników na UV, dla każdej partii dozymetrów fotochromowych należy wykonać krzywą wzorcową zależności napromienienia od absorpcji.

Dla wykonanych dozymetrów naturalnego promieniowania nadfioletowego wykonać krzywą kalibracyjną dla napromienienia erytemalnego W przypadku dozymetrów sztucznego promieniowania nadfioletowego wykonać krzywą kalibracyjną dla napromienienia aktynicznego.

W tym celu należy poddać próbkę filmu polimerowego zawierającego barwnik ekspozycji na promieniowanie UV źródła o charakterystyce widmowej zbliżonej do źródła promieniowania występującego na badanych stanowiskach pracy lub naturalnego promieniowania słonecznego.

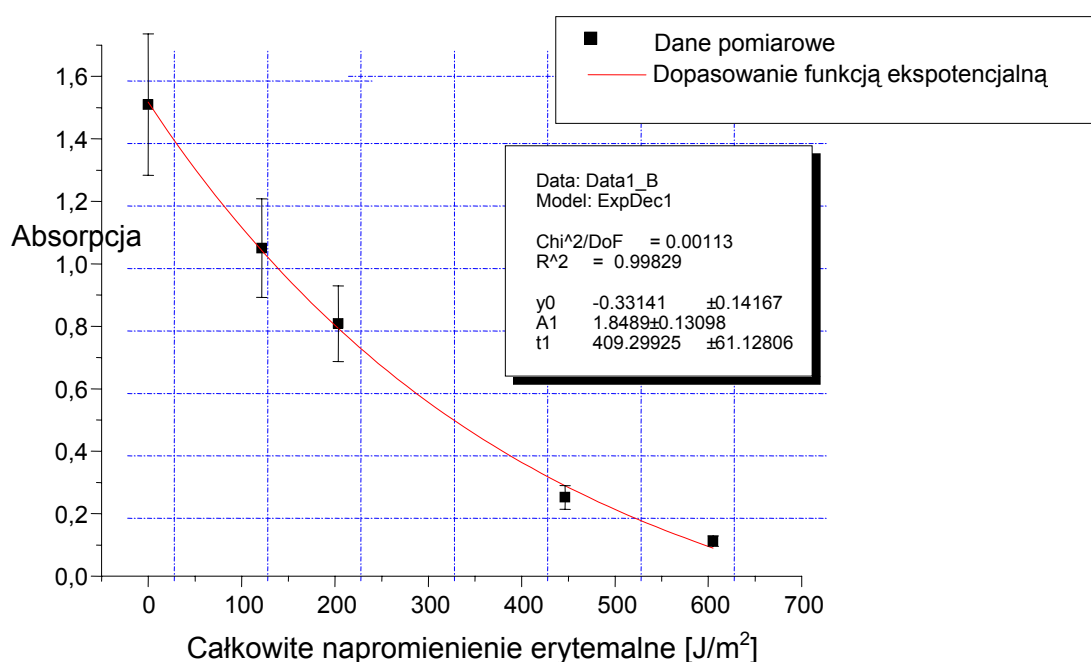
Po każdym cyklu naświetlenia mierzyć całkowite napromienienie za pomocą dozymetru elektronicznego np. typ X 2000-10 skorygowanego do krzywej erytemalnej lub aktynicznej (w zależności od przeznaczenia dozymetru) oraz absorpcję filmu polimerowego zawierającego barwnik dla długość fali 600 nm, z zastosowaniem spektrometru np. spektrometru firmy Ocean Optics. Jako źródło promieniowania stosować lampę o stabilnej charakterystyce i dużym natężeniu napromieniania np. lampę halogenową.

Do pomiaru absorpcji można stosować spektrofotometr (np. spektrofotometr typ CARY 5000). W takim przypadku reakcję fotochromową dozymetru wzbudzać za pomocą lampy błyskowej emitującej promieniowanie nadfioletowe (np. lampa typ ELWA 18LA2).

Absorpcję mierzyć co najmniej po 60 s od wzbudzenia barwnika.

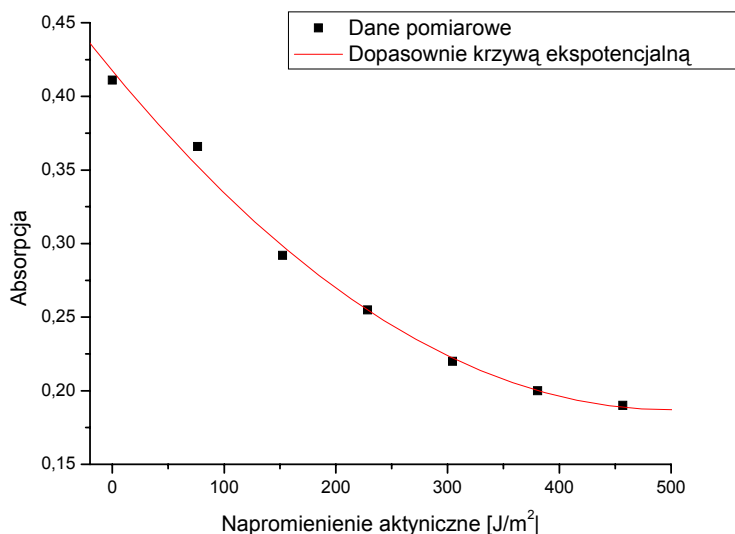
Przykładową krzywą wzorcową zależności absorpcji dozymetrów od naturalnego napromienienia erytemalnego przedstawiono na rysunku 3.

Dopasowanie krzywej wzorcowej przedstawiono za pomocą funkcji eksponentyjnej.



Rys. 3. Krzywa wzorcową zależności absorpcji dozymetrów od naturalnego napromienienia erytemalnego

Na rysunku 4 przedstawiono przykładową krzywą wzorcową zależności absorpcji od napromienienia aktywnego uzyskaną przy naświetlaniu źródłem wzorcowym sztucznego promieniowania UV. Punkty na krzywej wzorcowej odpowiadają czasom ekspozycji odpowiednio 30min., 60 min, 90 min, 120 min, 150 min, 180 min.



Rys. 4 Krzywa wzorcowa zależności absorpcji od napromienienia aktywnego

Procedura oceny narażenia pracowników na naturalne lub sztuczne promieniowanie nadfioletowe

Skalibrowane dozymetry fotochromowe umieścić na ramieniu lub przedniej części tułowia pracownika przed rozpoczęciem zmiany roboczej.

Dozymetry powinny zostać umieszczone w miejscu najbardziej narażonym na promieniowanie nadfioletowe, nie osłoniętym odzieżą pracownika.

Dozymetr powinien być noszony podczas wykonywania wszystkich czynności w ciągu zmiany roboczej.

Pracownicy powinni zostać byli poinformowani o zasadzie oceny narażenia na promieniowanie UV z zastosowaniem dozymetrów fotochromowych.

W przypadku, gdyby noszony przez nich dozymetr zmienił barwę na żółtą, pracownik powinien powiadomić swojego przełożonego o przekroczeniu dopuszczalnej dawki.

W przypadku potrzeby ustalenia dziennej wartości napromienienia dozymetry powinny zostać poddane badaniom spektrometrycznym lub spektrofotometrycznym, w celu ustalenia absorpcji, zgodnie z metodą opisaną w p. kalibracja dozymetrów.

Następnie należy odczytać wartość napromienienia z krzywej wzorcowej erytemalnej, w przypadku narażenia pracownika na naturalne promieniowanie nadfioletowe lub krzywej aktywności, w przypadku narażenia na promieniowanie nadfioletowe ze źródeł sztucznych.

Kryteria oceny narażenia na promieniowanie nadfioletowe

- **Sztuczne promieniowanie nadfioletowe**

Jako kryterium oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym przyjęto niedopuszczenie do powstania rumienia skóry, zapalenia rogówki i spojówki oka, rozwoju zmian nowotworowych skóry i zaćmy soczewki.

Najwyższe dopuszczalne napromienienie skuteczne N_s promieniowaniem nadfioletowym oka i skóry w ciągu dobowego wymiaru czasu pracy bez względu na długość jego trwania wynosi 30 J/m^2 , wyznaczane według krzywej skuteczności S_λ w zakresie $180\div 400 \text{ nm}$.

Uwaga: Do oceny narażenia na promieniowania nadfioletowe ze sztucznych źródeł należy stosować instrumentalne metody pomiaru absorpcji dozymetrów.

- **Naturalne promieniowanie nadfioletowe**

Kryterium skuteczności wywoływania zaczerwienienia skóry przez nadfiolet oraz wartości MED przyjęte odpowiednio dla fototypu skóry można przyjąć jako kryterium oceny narażenia pracowników ekspozowanych na naturalne promieniowanie UV – patrz tabela 1.

Tabela 1. Typ skóry a wartość MED, przed i po jej preadaptacji na naturalny nadfiolet [15]

Typ skóry	MED przed preadaptacją	MED po preadaptacji
I-II	2 SED	6 SED
III-IV	7 SED	10 SED
V	10 SED	60 SED
VI	15 SED	80 SED

Uwzględniając fakt, że populacja polska charakteryzuje się I lub II fototypem skóry, jako wartości graniczne ekspozycji można przyjąć 200 J/m^2 dla skóry nie adaptowanej i 600 J/m^2 dla skóry preadaptowanej. Fotochromowy dozymetr erytemalny skalibrowany jest na dawkę dla skóry preadaptowanej – napromienienie 600 J/m^2 .

Uwaga: Dozymetr wizualnie sygnalizuje przekroczenie napromieniania erytemalnego, zmianą barwy z niebieskiej na żółtą.