

Joanna SZKUDLAREK<sup>1</sup>, Iga DROBINA<sup>2</sup>

Opiekun naukowy: Joanna SZKUDLAREK<sup>1</sup>

## **NOWE STANOWISKO BADAWCZE DO BADANIA CZASU ZADZIAŁANIA AUTOMATYCZNYCH FILTRÓW SPAVALNICZYCH (AFS) - NOWE MOŻLIWOŚCI OCENY ICH WŁAŚCIWOŚCI OCHRONNYCH**

**Streszczenie:** Praca ma na celu udostępnienie informacji o nowych możliwościach oceny właściwości ochronnych samościemniających się filtrów spawalniczych (AFS) w zakresie czasu zadziałania. Prezentacja nowego stanowiska jest szczególnie ważna dla producentów AFS oraz dla inżynierów projektujących nowe konstrukcje osłon spawalniczych wyposażonych w AFS. Nowe stanowisko badawcze otwiera możliwości badania panoramicznych filtrów spawalniczych i AFS zintegrowanych z korpusami osłon spawalniczych.

**Słowa kluczowe:** środki ochrony indywidualnej, automatyczne filtry spawalnicze (AFS), osłony spawalnicze, czas zadziałania, parametry ochronne

## **A NEW TEST STAND FOR THE SWITCHING TIME OF AUTOMATIC WELDING FILTERS EVALUATION- NEW POSSIBILITIES FOR ASSESSING THEIR PROTECTIVE PARAMETERS**

**Summary:** The aim of the work is to provide information on a new possibilities for assessing the protective properties of automatic (auto-darkening) welding filters (AWF) in terms of switching time. The presentation of the new test stand is particularly important for AWF manufacturers and for engineers designing new constructions of welding shields equipped with AWF. The new test stand opens the possibility of testing panoramic welding filters and AWF integrated with welding shield bodies.

**Keywords:** personal protective equipment, automatic (auto-darkening) welding filters (AWF), welding shields, switching time, protective parameters

---

<sup>1</sup> dr inż. Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, Pracownia Ochron Oczu i Twarzy email: [joszka@ciop.lodz.pl](mailto:joszka@ciop.lodz.pl)

<sup>2</sup> Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Prawa i Administracji, email: [iga.drobina@gmail.com](mailto:iga.drobina@gmail.com)

## 1. Wprowadzenie

Automatyczne filtry spawalnicze zaprojektowano, aby spawanie stało się bardziej bezpieczne. Zaliczane jest ono bowiem do prac niebezpiecznych, ponieważ podczas spawania występują jednocześnie różne zagrożenia (mechaniczne, termiczne, optyczne oraz pary i dymy trujące).

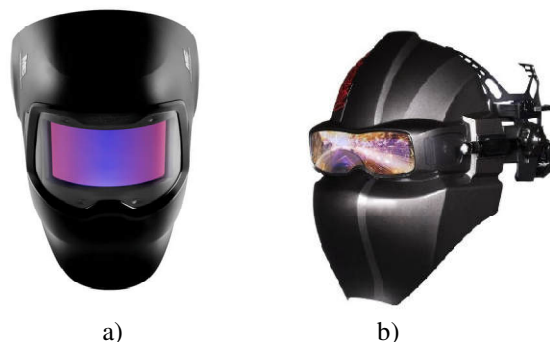
Automatyczne filtry spawalnicze (tzw. aktywne) w odróżnieniu od filtrów pasywnych w wyniku impulsu optycznego automatycznie przechodzą ze stanu jasnego na zaciemniony. Zabezpieczają skutecznie oczy spawacza przed narażeniem na szkodliwe promieniowanie optyczne, szczególnie podczas przypadkowego zajarzenia łuku spawalniczego lub narażenia na łuki spawalnicze osób spawających w pobliżu.

Właściwości ochronne filtra polegają na tłumieniu luminancji łuku spawalniczego do poziomu bezpiecznego (ochrona przed intensywnym promieniowaniem widzialnym wywołującym oślnienie), oraz na ochronie przed szkodliwym promieniowaniem z zakresu UV i IR (niewidzialnym dla człowieka).

Automatyczny filtr spawalniczy ma konstrukcję złożoną z ekranu ciekłokrystalicznego (składającego się z warstw polaryzatorów), ogniw słonecznych, oprawy wykonanej z tworzywa sztucznego, modułu elektronicznego, detektorów wykrywających łuk spawalniczy oraz szybek ochronnych. W skrócie, zjawisko powodujące efekt zaciemnienia i rozjaśnienia filtra następuje dzięki ciekłym kryształom znajdującym się pomiędzy filtrami polaryzacyjnymi, które zmieniają polaryzację pod wpływem przyłożonego napięcia (obracają polaryzację światła o 90 stopni) [1, 2].

AFS z uwagi na swoje właściwości optyczne przeznaczone są do ochrony oczu przed promieniowaniem emitowanym podczas spawania i cięcia łukowego w różnych technikach spawania (m.in. TIG, MIG, MAG, MMAW (elektroda otulona), SAW, PAC, cięcie plazmą, mikroplazmowe spawanie łukowe, żłobienie elektropowietrzne) [3].

AFS montowane są w korpusy osłon spawalniczych. Konstrukcja ochron spawalniczych wyposażonych w AFS i samych AFS ewaluowała na przestrzeni kilkudziesięciu lat. Odnośnie osłon spawalniczych, kiedyś głównie były to przyłbice spawalnicze wyposażone w wymienny AFS, a obecnie są to również konstrukcje zintegrowane z AFS, np. AFS zintegrowane z goglami (patrz rysunek 1) [4]. Natomiast, w przypadku filtrów o ile budowa i zasada działania AFS pozostaje praktycznie ta sama, to konstrukcja ulega znacznym zmianom. W ostatnim czasie oprócz klasycznego kształtu filtra tzw. płaskiego (kasetowego) pojawił się kształt zakrzywiony (panoramiczny). Nowe konstrukcje filtrów mają swoje uzasadnienie w poprawie parametru, jakim jest pole widzenia. Przyłbice wyposażone w standardowe (kasetowe) filtry AFS zapewniają pole widzenia o różnych wymiarach około 50x100 mm, przyłbice wyższej klasy 74x107 mm [5]. W przypadku przyłbicy z panoramicznym wizjerem i panoramicznym AFS pole widzenia wynosi 74x150 mm (patrz rysunek 1) [6].



Rysunek 1. Widok innowacyjnych konstrukcji osłon spawalniczych: a) przyłbica spawalnicza z panoramicznym, źródło: AFS, <https://t.ly/TOVlp> z dnia 01.09. 2023r

Nowe tendencje w projektowaniu konstrukcji osłon spawalniczych wyposażonych w AFS, odpowiadające na potrzeby użytkowników, przynoszą w konsekwencji zmiany w normalizacji. Nowe ŚOI, to nowe wymagania i metody badań, dostosowane do pojawiających się rozwiązań technicznych. Konsekwencją wprowadzanych innowacyjnych konstrukcji osłon spawalniczych wyposażonych w AFS oraz zmian normatywnych jest konieczność dostosowania wyposażenia pomiarowego przez laboratoria badawcze, w tym budowa nowoczesnych stanowisk badawczych.

## 2. Czas zadziałania AFS

AFS podlegają ocenie w zakresie parametrów optycznych i nieoptycznych. Wśród parametrów optycznych najistotniejsze są właściwości przepuszczania promieniowania optycznego i powiązane z nimi stopnie zaciemnienia oraz czas zadziałania.

Norma PN-EN 379+A1:2010 (*Ochrona indywidualna oczu. Automatyczne filtry spawalnicze*) [7] definiująca wymagania i metody badań parametrów ochronnych dla AFS wymagała uaktualnienia z uwagi na postęp techniki w zakresie konstrukcji i parametrów samych filtrów oraz konstrukcji osłon spawalniczych wyposażonych w AFS. Od 2020 r. wprowadzane są nowe normy ISO, które zastępują starą normę. Są nimi: norma definiująca wymagania PN-EN ISO 18526-1:2020-09 (*Ochrona oczu i twarzy – Metody badań – Część 2 – Fizyczne właściwości optyczne*) [8] oraz norma metodyczna PN-EN ISO 16321-2:2022-03 (*Ochrona oczu i twarzy do zastosowań zawodowych. Część 2: Dodatkowe wymagania dla środków ochrony stosowanych podczas spawania i technik pokrewnych*) [9].

Parametry optyczne i nieoptyczne, które należy ocenić w celu potwierdzenia ochronnych właściwości optycznych na poziomie wymaganym w normie zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Lista parametrów, które są przedmiotem badań AFS

	Parametry optyczne
1.	Jakość materiału optycznego i jego powierzchni
2.	Moce optyczne: sferyczna, astygmatyzm, pryzmatyczność
3.	Zredukowany współczynnik luminancji rozproszenia światła
4.	Widmowe współczynniki przepuszczania
5.	Odchylenie współczynnika przepuszczania światła
6.	Zależność współczynnika przepuszczania światła od kąta padania
7.	Czas przełączania
	Parametry nieoptyczne
1.	Odporność na zapalenie
2.	Odporność na podwyższoną temperaturę
3.	Pole widzenia
4.	Odporność minimalna na obciążenie dynamiczno-statyczne
5.	Odporność podwyższona na uderzenie
6.	Odporność na uderzenie cząstkami o dużej prędkości
7.	Odporność na promieniowanie nadfioletowe

Czas zadziałania jest to czas jaki upływa od momentu zajarzenia łuku spawalniczego do przejścia filtra w stan ciemny. Ze względów bezpieczeństwa, czas ten powinien być jak najkrótszy, aby chronić wzrok spawacza i nie dopuszczać do uszkodzenia wzroku. Czas ten wynosi znacznie poniżej milisekundy, najczęściej wynosi 0,05 ms a w najnowszych rozwiązaniach filtrów wynosi nawet 0,03 ms.

### 2.1. Pomiar czasu zadziałania AFS zgodnie z wymaganiami nowej normy PN-EN ISO 18526-2:2020-09

W laboratorium Ochron Oczu i Twarzy CIOP-PIB realizowane są badania AFS w pełnym zakresie, jednak, równolegle trwają prace nad budową nowego stanowiska badawczego do pomiaru czasu zadziałania AFS. Stanowisko badawcze, skonstruowane według starej normy posiada pewne ograniczenia stosowania wobec pojawiających się nowych konstrukcji osłon wyposażonych w AFS oraz osłon zintegrowanych z AFS.

Bardzo ważnym uzasadnieniem podjęcia prac nad budową nowego stanowiska do badania czasu zadziałania automatycznych filtrów spawalniczych (AFS) jest ukazanie się nowych norm międzynarodowych, w tym PN-EN ISO 18526-2:2020-09 i PN-EN ISO 16321-2:2022-10 oraz norm powołanych.

Nowe stanowisko badawcze, uniwersalne, uwzględniające nowe osiągnięcia optyczno-elektroniczne oznacza poprawienie komfortu wykonywania badań i dające gwarancję dokładności.

Pomiar czasu zadziałania AFS będzie realizowany z zachowaniem wymagań dotyczących m.in.:

1. Czas przełączania automatycznych filtrów spawalniczych należy mierzyć od stanu jasnego poprzez wszystkie nominalne stany zaciemnienia według formuły (1) zamieszczonej w normie PN-EN ISO 18526-2:2020-09 (Aneks C, p. C.3.7.):

$$t_s = \frac{1}{T_{v,0}} \sum_{t=0}^{t=\{T_v(t)=3 T_{v,1}\}} T_v(t) \Delta t, \quad (1)$$

Gdzie:  $T_v(t)$ , współczynnik przepuszczania światła w czasie (t) po zapaleniu łuku spawalniczego,  
 $t=\{T_v(t)=3 T_{v,1}\}$ , jest to czas, w którym współczynnik przepuszczania światła zmaleje do 3 krotności współczynnika przepuszczania światła w stanie ciemnym,  
 $T_{v,0}$  współczynnik przepuszczania dla stanu jasnego,  
 $T_{v,1}$  współczynnik przepuszczania dla stanu ciemnego.

Zgodnie z aktualnym stanem techniki stanowisko powinno zapewnić:

- pomiar stopnia zaciemnienia AFS w zakresie stopnia zaciemnienia: 1–14,
- pomiar czasu zadziałania AFS w zakresie: 1/5000–1/50000 s.

2. Wywołanie stanu zaciemnienia:

- źródło światła wyzwalającego, symulujące zajarzenie łuku spawalniczego, zdolne do pobudzenia filtra i zmiany jego stanu z jasnego na zaciemniony.

3. Montowania próbki na stanowisku badawczym z wymaganą dokładnością:

- ustawienie badanej próbki względem źródła światła pomiarowego, tak, aby płaszczyzna badanej próbki znajdowała się pod kątem  $(90 \pm 1)^\circ$  do wiązki pomiarowej.

4. Miejsca pomiaru na próbce:

- pomiary są wykonywane w geometrycznym środku badanej próbki i przy normalnym padaniu lub w punktach odniesienia (środek wzroku) i równoległe do linii wzroku (oś wzroku). Zmiany kąta padania mogą szczególnie wpływać na filtr, dlatego ważne jest, aby zastosować skolimowaną wiązkę światła.

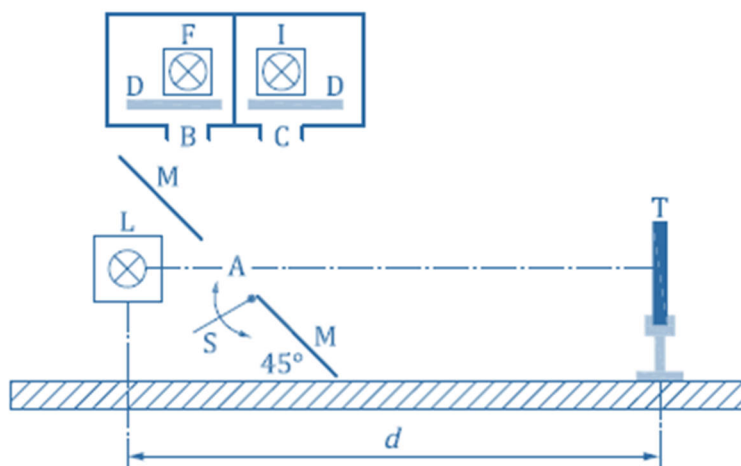
5. Aklimatyzowania próbek w wymaganym czasie i z wymaganą dokładnością w zakresie temperatury i wilgotności:

- temperatura badania powinna być utrzymywana przez co najmniej 1 godzinę przed badaniem i w czasie trwania badania, pomiar prowadzony jest dla temperatury  $(-5 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$  i  $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

## 2.2. Założenia do budowy nowego stanowiska badawczego do badania czasu zadziałania AFS

Nowa norma PN-EN ISO 18526-2:2020-09 zawiera jedynie ogólne wymagania techniczne odnoszące się do sposobu pomiaru czasu zadziałania AFS. Są to jedynie wskazówki i założenia o charakterze ogólnym, które należy wykorzystać do opracowania stanowiska badawczego oraz procedury postępowania podczas wykonywania badań. Zasada pomiaru polega na rejestracji spadku przepuszczalności światła AFS w czasie, gdy jest on wystawiony na oddziaływanie promieniowania wyzwalającego źródła światła.

Wymagania ogólne normy do wykonania stanowiska prezentuje schemat ideowy stanowiska do badania czasu zadziałania zamieszczony na rysunku 2.

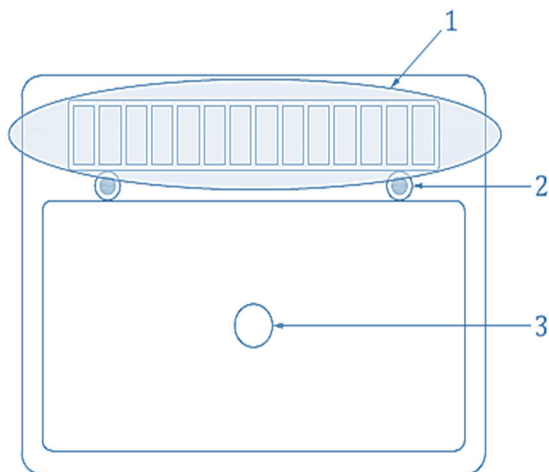


Rysunek 2. Schemat ideowy stanowiska badawczego do badania czasu zadziałania AFS według normy PN-EN ISO 18526-2:2020-09

Gdzie:

- A – okrągły otwór w lustrze,
- B, C – membrany,
- D – dyfuzor,
- M – lustro,
- S – migawka mechaniczna,
- d – odległość od źródła wyzwalacza do badanej próbki,
- F – fluorescencyjne źródło światła,
- I – żarowe źródło światła,
- L – ksenonowe źródło światła wyzwalające łuk,
- T – próbka testowa.

Ideę sposobu oświetlenia filtra podczas prowadzonych badań czasu zadziałania zamieszczono na rysunku 3.



Rysunek 3. Sposób oświetlenia próbki podczas badania, aneks E normy PN-EN ISO 18526-2:2020-09

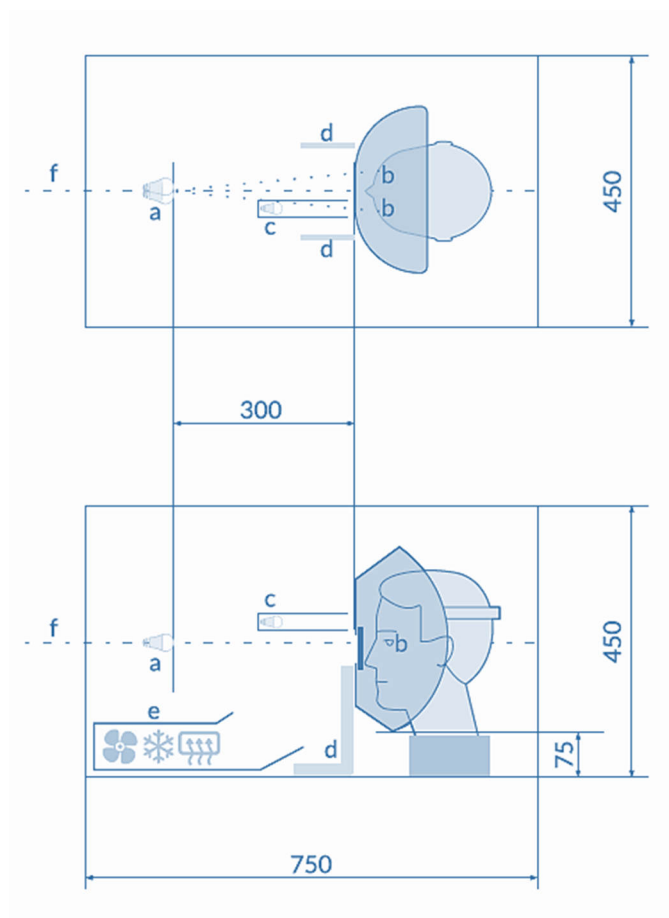
Gdzie:

- 1 – oświetlenie otoczenia padające na ogniwo słoneczne,
- 2 – wiązka światła wyzwalającego padająca na fotodetektory,
- 3 – pomiarowa wiązka światła przechodzącego przez filtr spawalniczy.

Odnośząc się do wymagań nowych norm ISO w zakresie metody pomiaru czasu zadziałania oraz nowych wymagań w zakresie procedury badawczej w pracowni Ochron Oczu i Twarzy CIOP-PIB opracowano projekt nowego stanowiska do badania czasu zadziałania AFS. Widok wstępnego schematu ideowego nowego stanowiska badawczego zaprezentowano na rysunku 4.

Stanowisko składa się z układu oświetlającego (a) i dwóch detektorów optycznych umieszczonych wewnątrz modelu głowy człowieka (b) (w miejscu gałek ocznych). Stopień zaciemnienia będzie obliczony jako iloraz ilości światła przechodzącego przez filtr w stanie ciemnym do ilości światła przechodzącego przez filtr w stanie jasnym. Źródłem światła mierzonego będą dwie diody umieszczone (a) na osi pomiarowej (f) oświetlające dwa detektory (b). Zapewni to wysoki stopień symulacji naturalnych warunków oświetlenia podczas spawania (poprzez punktowe źródło światła oraz wspomniane wyżej umieszczenie detektorów).

Źródłem światła wyzwalającego (c) będzie dioda świecąca też z zakresu VIS o odpowiednio dobranej jasności. Światło będzie skolimowane, bezpośrednio padające na detektor. W ten sposób uzyska się dobrą separację światła wyzwalającego od mierzonego.



Rysunek 4. Schemat ideowy projektowanego stanowiska badawczego do badania czasu zadziałania AFS

Najistotniejszą kwestią jest kontrola ustawienia próbki podczas pomiaru. Nowa norma wprowadza wysoką dokładność w zakresie wartości kąta ustawienia wiązki światła pomiarowego względem filtra. W nowej normie wymagany jest kąt o wartości i dokładności  $(90\pm 1)^\circ$ , przy czym stara norma dopuszczała dokładność  $(90\pm 5)^\circ$ . Stąd opracowano specjalny system do zachowania prawidłowego ustawienia filtra. Prostopadłość ustawienia filtra do osi optycznej będzie zapewniona dzięki układowi mechanicznemu (d) obsługiwanemu manualnie.

Pomiar czasu zadziałania filtra będzie obliczany przez mikrokontroler zgodnie ze wzorem całkowym opisanym w normie PN-EN ISO 18526-2:2020-09 w aneksie C, punkt C.3.7.

Urządzenie będzie wyposażone w dwa czujniki temperatury. Temperatura będzie utrzymywana na wymaganym poziomie za pomocą termostatycznego układu grzejąco-chłodzącego (e) – pokazany na rzucie bocznym.



### 3. Podsumowanie

Zmiany w wymaganiach i metodach prowadzenia badań związane z nowelizacją norm oraz nowe wymagania rynku powiązane z aktualnym stanem techniki w obszarze AFS prowadzą do zasadniczych zmian wyposażenia sprzętowego laboratoriów badawczych.

Czas zadziałania jest jednym z najważniejszych parametrów pozwalającym na weryfikację podstawowej właściwości ochronnej i użytkowej automatycznych filtrów spawalniczych – zjawiska samościemniania – zatem parametru, który bezpośrednio ma przełożenie na bezpieczeństwo i zdrowie użytkownika.

Przedsięwzięcie związane z opracowaniem uniwersalnego stanowiska badawczego, przystosowanego do badania szerokiej gamy konstrukcji AFS to ważna informacja dla producentów osłon spawalniczych wyposażonych w AFS. Szerokie możliwości stanowiska dot. zakresów pomiarowych sprawi, że będzie ono również wykorzystywane podczas testowania prototypów AFS, co przyczyni się do rozwoju nowoczesnych ŚOI stosowanych podczas spawania i w technikach pokrewnych.

Umożliwienie badań na nowym stanowisku dla producentów, wpłynie na poprawę jakości środków ochrony oczu i twarzy stosowanych podczas spawania i w technikach pokrewnych i zwiększenie bezpieczeństwa użytkowników.

Nowoprojektowane stanowisko będzie pierwszym tego typu w Polsce i drugim w Europie. Pracownia Ochron Oczu i Twarzy Zakładu Ochron Osobistych CIOP-PIB zaprasza do współpracy przedsiębiorców w zakresie badań i oceny osłon spawalniczych wyposażonych a AFS.

*Opracowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej (zadanie nr 1.ZS.05 pt. „Opracowanie metody badania czasu zadziałania automatycznych filtrów spawalniczych”). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*

*Prace nad projektem nowego stanowiska badawczego do badania czasu zadziałania AFS prowadzone są w latach 2023-2024 we współpracy CIOP-PIB z firmą nProLab.*

### LITERATURA

1. OWCZAREK G., GRALEWICZ G., Metody indukowania zmian przepuszczania promieniowania widzialnego dla optycznych filtrów ochronnych blokujących szkodliwe promieniowanie podczerwone, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach, 1(12)/2016, s. 89-102, ISSN-1895-3794
2. POŚCIK A., KUBRAK J., WŁODARSKI L.: Barwniki fotochromowe, interferencja światła i automatyczne filtry spawalnicze, Prace Instytutu Elektrotechniki, zeszyt 228, 2007, s. 155-166

3. Materiały informacyjne firmy Delta technika, Katalog Produktów 2016-2017; <https://www.deltatechnika.pl/wp-content/uploads/2016/01/Katalog-spawalnictwo.pdf>, 17.10.2023.
4. Materiały informacyjne firmy SERVORE, Ascshield 513, Arcshield 2, <http://servore.de/>, 17.10.2023.
5. Materiały informacyjne firmy 3M, <https://icd.pl/przylbica-speedglas-9100xx.html>, 17.10.2023.
6. Materiały informacyjne firmy 3M, przyłbica spawalnicza 3M™ Speedglas™ G5-02, [https://www.3mpolska.pl/3M/pl\\_PL/bezpieczenstwo-pracy/srodki-ochrony-indywidualnej/nowosci-produktowe/3m-speedglas-welding-helmet-g5-02/](https://www.3mpolska.pl/3M/pl_PL/bezpieczenstwo-pracy/srodki-ochrony-indywidualnej/nowosci-produktowe/3m-speedglas-welding-helmet-g5-02/), 17.10.2023.
7. Polski Komitet Normalizacyjny, PN-EN 379+A1:2010. Ochrona indywidualna oczu. Automatyczne filtry spawalnicze, <https://sklep.pkn.pl/pn-en-379-a1-2010p.html>, 17.10.2023.
8. PN-EN ISO 18526-2:2020-09. Ochrona oczu i twarzy – Metody badań. Część 2: Fizyczne właściwości optyczne.
9. Polski Komitet Normalizacyjny PN-EN ISO 16321-2:2022-03. Ochrona oczu i twarzy do zastosowań zawodowych. Część 2: Dodatkowe wymagania dla środków ochrony stosowanych podczas spawania i technik pokrewnych.