

Oddziaływanie gorących cząstek powstających podczas spawania na odzież ochronną – nowa metoda badania



Fot. Daniel Vazquez/Stock

W artykule przedstawiono rolę odzieży w ochronie spawaczy przed działaniem promieniowania cieplnego i gorących cząstek metali powstających w trakcie spawania. Przedstawiono zasadę badania odporności materiałów odzieży dla spawaczy, która jednoznacznie określa właściwości ochronne materiałów dla przypadków, w których ma miejsce trwałe osadzenie się na powierzchni materiału gorącej cząstki i ewentualne przebicie go w wyniku stopienia lub przepalenia.

Interaction of hot welding particles with protective clothing for welders – a new research method

This article presents the role of clothing protecting welders against the harmful effects of heat and hot metal particles created during a welding process. It presents a method of measuring the resistance of clothing materials, which describes unequivocally protective properties of materials against the occurrence of permanent settlement of a hot metal particle on the material and its possible damage resulting from either liquefaction or burning through.

Wstęp

Szacuje się, że w Polsce na pełnych etatach spawacza pracuje ok. 80 tys. osób, a 50 tys. z odpowiednimi kwalifikacjami spawa sporadycznie [1]. Na stanowiskach pracy spawaczy występuje równolegle wiele rodzajów zagrożeń – m.in. oddziaływanie płomienia i gorących powierzchni, małych kropli stopionych metali i iskier, promieniowanie nadfioletowe od łuku spawalniczego i innych [2-5]. Do ochrony przed tymi zagrożeniami stosuje się środki ochrony indywidualnej, w tym specjalistyczną odzież ochronną. Jej zasadnicza funkcja determinowana jest przede wszystkim właściwościami materiałów, z których została wykonana.

Metody badania i wymagania dotyczące materiałów i konstrukcji odzieży stosowanej podczas spawania i w procesach pokrewnych (szlifowanie, cięcie metali itp.) zawarte są obecnie w normie PN-EN ISO 11611:2009 „Odzież ochronna dla spawaczy i pracowników w zawodach pokrewnych” [6]. Zakres tej normy nie uwzględnia jednak wymagań i metody badania odporności materiałów odzieży dla spawaczy na działanie gorących kropli metali i innych szczątków powstających w procesach spawania, które na trwałe osadzają się na powierzchni odzieży, zagrażając miejscowymi oparzeniami.

Praktyka a wymagania

Jednym z ubocznych skutków spawania jest powstawanie iskier i małych kropli stopionych metali. Ich oddziaływanie na odzież może przebiegać na trzy sposoby: iskry odbijają się od powierzchni materiału, krople roztopionego metalu swobodnie spływają po jego powierzchni lub na stałe osadzają się na powierzchni wskutek poślizgnięcia się odzieży podczas pracy, niewłaściwego zabezpieczenia kieszeni, siedzącej lub leżącej pozycji pracy itp.

Doświadczenia spawaczy wynikające z użytkowania odzieży ochronnej wskazują, że największe zniszczenia materiału powodują małe krople stopionego metalu. Przykłady miejscowych przepaleń w materiałach użytkowanej odzieży ochronnej przedstawiono na fot. 1. i 2.

We wspomnianej normie [6] zagadnienie odporności materiałów na działanie małych kropli stopionych metali ujęte jest tylko dla przypadku, w którym spływają one po usytuowanej pionowo powierzchni materiału. Tymczasem ich osiadanie na powierzchni materiału jest zjawiskiem częstym podczas spawania, ale odporność materiałów na takie oddziaływanie w praktyce nie jest w zasadzie sprawdzana.

Aby określić odporność materiałów na działanie gorących kropli metali w sytuacjach, w których osadzają się one na materiale i pozostają w jednym miejscu aż do ostygnięcia, wskazane jest prowadzenie badań w sposób znormalizowany. W tym celu w normie PN-EN ISO 12127-2:2011 „Odzież chroniąca przed ciepłem i płomieniem. Wyznaczanie przenikania ciepła kontaktowego przez odzież ochronną lub materiały na nią przeznaczone. Część 2: Ciepło kontaktowe wytwarzane przez spadający cylinder” [7] określono metodykę badania przenoszenia ciepła kontaktowego przez materiał od gorącego, standardowego cylindra, który spadając na poziomo usytuowaną próbkę materiału pozostaje na niej do ostygnięcia. Wyniki pomiarów uzyskane tą metodą pozwalają określić charakterystykę „punktowego” zniszczenia materiału i pełniej odzwierciedlają sytuacje występujące w praktyce spawalniczej, umożliwiając bardziej wszechstronne porównywanie właściwości ochronnych różnych materiałów.

W CIOP-PIB, w ramach realizacji programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” przeprowadzono badania porównawcze odporności na przenikanie ciepła kontaktowego od gorącego cylindra dla wybranych materiałów obecnie stosowanych do wykonywania odzieży dla spawaczy, certyfikowanych na zgodność z PN-EN ISO 11611:2009 [8]. W dalszej części artykułu przedstawiono metodykę i wyniki tych badań.



Fot. 1. Fragment przodu bluzy dla spawacza
Photo 1. A fragment of the front of a welder's top



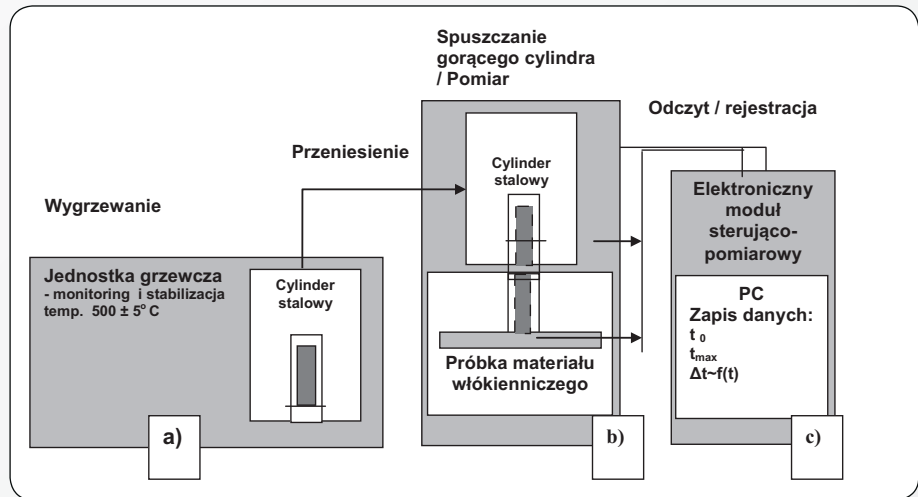
Fot. 2. Fragment rękawa bluzy dla spawacza
Photo 2. A fragment of the sleeve of a welder's top



Fot. 3. Komora pieca
Photo 3. A chamber of a furnace



Fot. 4. Urządzenie do spuszczenia gorącego cylindra
Photo 4. A tool triggering a hot cylinder



Rys. Schemat blokowy stanowiska do badania przenikania ciepła kontaktowego od gorącego cylindra
Fig. Block schematics of a test stand for establishing the resistance of materials to interaction with tiny drops of liquefied metal

Metodyka prowadzonych badań

Zasada badania polegała na wstępnym sprawdzeniu skutków oddziaływania gorącego cylindra (500 ± 5) °C na powierzchnię materiału, a następnie, jeśli nie nastąpiło całkowite, miejscowe przepalenie lub stopienie, wykonywano kolejne spuszczenie gorącego cylindra i przeprowadzano pomiary wzrostu temperatury pod próbką badanego materiału. Wyniki pomiarów obliczano zgodnie z równaniem:

$$\Delta t = t_{\max} - t_0$$

gdzie:
 Δt – wzrost temperatury pod próbką materiału po spuszczeniu cylindra
 t_{\max} – maksymalna temperatura pod próbką materiału po spuszczeniu cylindra
 t_0 – temperatura początkowa (20 ± 1) °C.
 Określano również charakterystykę uszkodzeń powierzchni materiałów.

Stanowisko badawcze

Do badań wykorzystano stanowisko, zbudowane zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 12127-2:2011, które składa się z 3 modułów: a, b i c (rys.). Widok komory pieca przedstawiono na fot. 3., natomiast na fot. 4. – widok modułu stanowiska do spuszczenia gorącego standardowego cylindra i pomiaru temperatury pod próbką materiału. Standardowy cylinder o średnicy 6,0 mm, wysokości 12 mm oraz masie 2,6 g wykonany jest ze stali żaroodpornej.

Materiały do badań

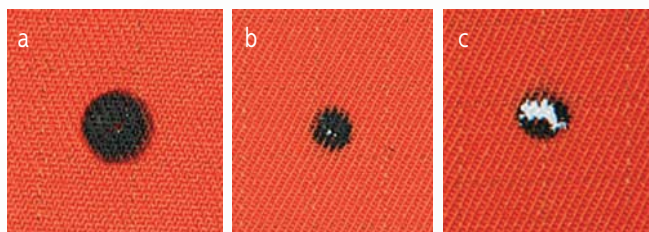
Dla porównania odporności na działanie ciepła kontaktowego od gorącego cylindra przeprowadzono badania dwóch materiałów, wybranych spośród najczęściej obecnie wykorzystywanych do produkcji odzieży ochronnej dla spawaczy, mające aktualne certyfikaty potwierdzające zgodność z wymaganiami m.in. PN-EN ISO 11611:2009. Charakterystykę tych materiałów przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Charakterystyka materiałów wytypowanych do badań
Table 1. Characteristics of materials selecting for testing

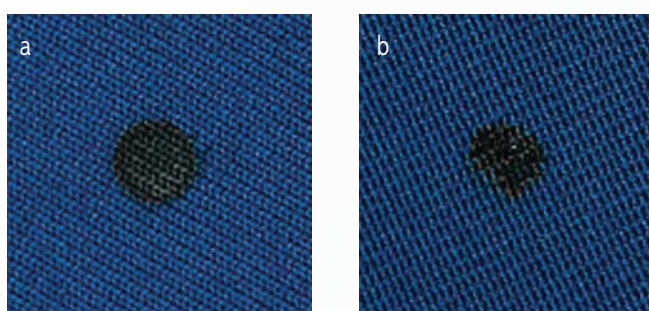
Wymagania wg PN-EN ISO 11611:2009	Materiały	
	Tkanina 1 Certyfikat zgodności z: – PN-EN ISO 11611:2009 – PN-EN ISO 11612:2008 [9] – PN-EN 1149-5:2009 [10]	Tkanina 2 Certyfikat zgodności z: – PN-EN ISO 11611:2009 – PN-EN ISO 11612:2008
Masa powierzchniowa [g/m ²]	250±5	280±14
Skład surowcowy [%]	75 CO, 24 PES, 1 wł. przewodzące (siatkowy układ nitek węglowych)	100 CO
Siła zrywająca [N]	o – 1400, w – 610	o – 883, w- 633
Palność a) żadna próbka nie powinna palić się do górnej krawędzi ani żadnej bocznej krawędzi, b) na żadnej próbce nie powinna utworzyć się dziura, c) żadna próbka nie powinna dawać płonących ani roztopionych szczątków, d) średni czas palenia ≤ 2 s, e) średni czas zarzenia ≤ 2 s.	spełnia	spełnia
Działanie kropli stopionego metalu dla klasy 1 – wzrost temperatury pod badaną próbką o 40 °C, po działaniu co najmniej 15 kropli stopionego metalu, dla klasy 2 – wzrost temperatury pod badaną próbką o °C, po działaniu co najmniej 25 kropli stopionego metalu	klasa 1 – 21 kropli	klasa 2 – 26 kropli
Przenikanie ciepła (promieniowanie) przy gęstości strumienia cieplnego 20 kW/m ² , wskaźnik przenikania promieniowania cieplnego (RHTI dla 24 °C) powinien wynosić: dla klasy 1: RHTI ₂₄ ≥ 7 s; dla klasy 2: RHTI ₂₄ ≥ 16 s.	klasa 1 – RHTI ₂₄ 14.2s	klasa 1 – RHTI ₂₄ 12.8s

Tabela 2. Charakterystyka powierzchni materiałów po wstępnym działaniu gorącego cylindra
 Table 2. Characteristics of the surface of materials after initial exposure to a hot cylinder

Materiał	
Tkanina 1	Tkanina 2
Zwęglenie powierzchni o regularnym okrągłym kształcie od strony styku z gorącym cylindrem (fot. 5a) i mniejszym na spodniej stronie (fot. 5b). W centralnej części małe fragmenty nadtopienia materiału. Obszary zwęglone pękają i wykruszają się przy zdejmowaniu próbek z przyrządu (fot. 5c).	Zwęglenie powierzchni o regularnym okrągłym kształcie od strony styku z gorącym cylindrem (fot. 6a) i nieregularnym na spodniej stronie, bez dziur, pęknięć, stopionych szczątków (fot. 6b). Zachowana struktura splotu nitki tkaniny.



Fot. 5. Widok próbek tkaniny 1 po działaniu gorącego cylindra
 Photo 5. Samples of material no. 1 after exposure to a hot cylinder



Fot. 6. Widok próbek tkaniny 2 po działaniu gorącego cylindra
 Photo 6. Samples of material no. 2 after exposure to a hot cylinder

Tabela 3. Wyniki pomiarów przenikania ciepła kontaktowego od gorącego cylindra
 Table 3. Results of tests for contact heat penetrating from the hot cylinder

Nr próbki	Materiał							
	Tkanina nr 1				Tkanina nr 2			
	k. w.*		k. p.*		k. w.		k. p.	
	t ₀ [°C]	Δt [°C]	t ₀ [°C]	Δt [°C]	t ₀ [°C]	Δt [°C]	t ₀ [°C]	Δt [°C]
1.	20,2	138,8	19,7	144,8	19,9	139,9	19,7	131,5
2.	19,9	139,3	20,1	137,8	20,1	129,5	20,2	132,3
3.	20,1	139,1	20,2	151,2	20,7	131,7	20,3	132,5
Δ t ₀	141,83				132,9			
s – odchylenie standardowe	5,2133				3,2782			
Charakterystyka powierzchni materiałów	Zwęglenie powierzchni o regularnym okrągłym kształcie od strony styku z podstawą cylindra. W centralnej części fragmenty nadtopienia materiału. Brak dziur, ale obszar zwęglony wykrusza się przy ruchu próbką.				Zwęglenie powierzchni o regularnym okrągłym kształcie od strony styku z podstawą cylindra. Brak dziur.			

/*/ k.w. – kierunek ułożenia próbki w przyrządzie wzdłuż kierunku wytwarzania tkanin
 k.p. – kierunek ułożenia próbki w przyrządzie w poprzek kierunku wytwarzania tkanin

Wyniki badań

Wyniki wstępnego sprawdzenia skutków oddziaływania gorącego cylindra (500±5) °C na powierzchnię materiałów przedstawiono w tab. 2. i na fot. 5. i 6. Wyniki badania wzrostu temperatury pod każdą z 6 próbek danego materiału po spuszczeniu gorącego cylindra przedstawiono w tab. 3.

Przeprowadzone badania wykazały, że tkanina 2 stanowi lepszą ochronę przed przenikaniem

ciepła kontaktowego od standardowego, gorącego cylindra niż tkanina 1 – o ok. 6,3%. Może to wynikać z faktu, że tkanina 2 ma większą masę powierzchniową i lepszą charakterystykę składu surowcowego w aspekcie oporu cieplnego. Znaczenie ma również wielkość zniszczenia materiałów w miejscach, w których następowało oddziaływanie cylindrów na tkaniny.

W tkaninie 1 węglenie w punkcie pomiarowym było na tyle głębokie, że zniszczeniu uległa jej struk-

tura na całej grubości. Uszkodzenie materiału było tak duże, że zwęglone szczątki wykruszyły się, pozbawiając materiał w tym miejscu jakichkolwiek właściwości ochronnych. Tkanina 1, badana zgodnie z PN-EN ISO 11611:2009 [6], wykazywała odporność na działanie kropli stopionego metalu na poziomie klasy 1, tj. wzrost temperatury pod badaną próbką o 40 °C nastąpił po działaniu co najmniej 15 kropli stopionego metalu. Ale, jak już wspomniano, standardowe krople stopionego metalu w tym przypadku spadają skośnie na pionowo usytuowaną próbkę materiału i nie osadzają się na jego powierzchni. A zatem badania wykazały, że tkanina 1, choć odporna na działanie kropli stopionego metalu spadających skośnie, jest mało odporna na działanie gorących cząstek metali powstających w czasie spawania w przypadku, gdy nie opadają one z materiału, a pozostają na jego powierzchni aż do czasu ostygnięcia. Może ona w takich sytuacjach stanowić niewystarczającą ochronę.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania porównawcze materiałów trudnopalnych, stosowanych obecnie do wykonywania odzieży ochronnej dla spawaczy metodą pełniej odzwierciedlającą sytuacje występujące w praktyce spawalniczej wykazują, że niektóre materiały, z których jest ona wykonywana, mają niewystarczającą odporność na działanie czynników gorących.

Zagrożenie poparzeniem, jakie mogą powodować osadzające się na powierzchni odzieży gorące krople metali i iskry powstające w czasie spawania w pełni uzasadniają wprowadzenie opisanej metody badań oraz odpowiednich wymagań do normy PN-EN ISO 11611:2009 [6]. Pozwoli to na pełniejszą ocenę właściwości ochronnych odzieży dla spawaczy i jej właściwy dobór na konkretne stanowiska pracy.

PIŚMIENNICTWO

[1] G. Wiśniewski *Raport nt. Stan i perspektywy rozwoju polskiego spawalnictwa – komentarz*. „Przegląd Spawalnictwa” 10/2008
 [2] A. Wolska, A. Pawlak *Nielaserowe promieniowanie optyczne. Ocena ryzyka zawodowego. 1. Podstawy metodyczne* pod red. W.M Zawieski. CIOP-PIB, Warszawa 2004, wyd. 3., s. 181-193
 [3] A. Wolska *Nielaserowe promieniowanie optyczne. Czynniki szkodliwe w środowisku pracy. Wartości dopuszczalne 2005* pod red. D. Augustyńskiej i M. Pośniak. Wyd. 5., CIOP-PIB, Warszawa 2005, wyd. 5., s. 230-244
 [4] J. Matusiak *Bezpieczeństwo pracy spawaczy*. „Promotor” 6/2009, s. 24-27
 [5] R. Kozela *Instytut Spawalnictwa*. „Atest” 2/2002
 [6] PN-EN ISO 11611:2009 „Odzież ochronna dla spawaczy i pracowników w zawodach pokrewnych”
 [7] PN-EN ISO 12127-2:2011 „Odzież chroniąca przed ciepłem i płomieniem. Wyznaczanie przenikania ciepła kontaktowego przez odzież ochronną lub materiały na nią przeznaczone. Część 2: Ciepło kontaktowe wytwarzane przez spadający cylinder”
 [8] K. Łęzak 3.S.23 „Nowelizacja metody badania odporności odzieży dla spawaczy na działanie drobnych rozprysków metali zgodnie z wymaganiami normy europejskiej”. CIOP-PIB, Program wieloletni pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, etap I (2008-2010)
 [9] PN-EN ISO 11612:2008 „Odzież ochronna. Odzież chroniąca przed czynnikami gorącymi i płomieniem”
 [10] PN-EN 1149-5:2009 „Odzież ochronna. Właściwości elektrostatyczne. Część 5: Wymagania materiałowe i konstrukcyjne”