

Stanisław MARZEC
Jolanta MATUSIAK
Jolanta NOWICKA
Joanna WYCIŚLIK

PROMIENIOWANIE NADFIOLETOWE PODCZAS SPAWANIA I LUTOSPRAWANIA ŁUKOWYMI METODAMI NISKOENERGETYCZNYMI

STRESZCZENIE *Badano skuteczne natężenie napromienienia UV podczas spawania metodami CMT i ColdArc stali austenicznej chromo-niklowej o symbolu X5CrNi18-10 oraz stali chromowej ferrytycznej o symbolu X6Cr17, a także podczas lutowania stali o symbolach DX 54D oraz DP 600X, pokrytych warstwą ochronną czystego cynku lub stopu cynku i żelaza. Spawanie wykonywano w osłonie argonu lub mieszanki argonu, tlenu i dwutlenku węgla, natomiast lutowanie wykonywano jedynie w osłonie argonu.*

Stwierdzono, że natężenie napromienienia UV wzrasta wykładniczo ze wzrostem natężenia prądu spawania lub lutowania. Poza tym na natężenie emitowanego nadfioletu mają wpływ metody spawania/lutowania i rodzaje gazów osłonowych, natomiast nie stwierdzono wpływu rodzaju spawanych/lutowanych materiałów.

Słowa kluczowe: *promieniowanie UV, skuteczne natężenie napromienienia, spawanie, lutowanie*

dr Stanisław MARZEC, mgr Jolanta NOWICKA
e-mail: s.marzec@imp.sosnowiec.pl, j.nowicka@imp.sosnowiec.pl

Zakład Szkodliwości Fizycznych
Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu

dr inż. Jolanta MATUSIAK, mgr inż. Joanna WYCIŚLIK
e-mail: jolanta.matusiak@is.gliwice.pl, joanna.wycislik@is.gliwice.pl

Instytut Spawalnictwa w Gliwicach

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 256, 2012

1. WSTĘP

Procesy spawalnicze są najbardziej rozwiniętą i ugruntowaną technologią łączenia konstrukcji i elementów z różnorodnych materiałów w wielu dziedzinach przemysłu. Wykorzystuje się je w tysiącach przedsiębiorstw, zatrudniających od kilku do kilkuset spawaczy. Spawanie wraz z technikami pokrewnymi charakteryzowane jest skrótem 3D: dirty – brudny, dusty – zapyłony, dangerous – niebezpieczny (szkodliwy) dla zdrowia. Podczas różnych metod spajania (spawanie, lutospawanie, zgrzewanie) emitowane są do otoczenia zanieczyszczenia gazowe, pyłowe a także fizyczne między innymi szkodliwe promieniowanie optyczne. Elektryczne łuki spawalnicze emitują intensywne promieniowanie nadfioletowe i światło niebieskie, które może być przyczyną uszkodzenia oczu a nawet skóry. Częste narażenie na nadmierne promieniowanie łuków może doprowadzić do zmętnienia soczewki, trwałego uszkodzenia siatkówki lub rogówki, które należą do chorób zawodowych. Największą liczbę chorób zawodowych, spowodowanych promieniowaniem optycznym rozpoznaje się właśnie wśród spawaczy. Konieczne jest więc prowadzenie odpowiedniej profilaktyki, co z kolei wymaga znajomości stopnia zagrożenia pracowników tym promieniowaniem. Uważa się, że większą uwagę należy zwrócić na ochronę przed promieniowaniem nadfioletowym łuków niż przed światłem niebieskim, ponieważ jaskrawe światło łuku wywołuje odruch zamykania oczu lub odwracania wzroku, co chroni siatkówkę oka. Poza tym osłonięcie oczu przed nadfioletem, ochroni narząd wzroku również przed światłem niebieskim.

Rozkład widmowy i natężenie napromienienia emitowanego promieniowania podczas spajania może zależeć od metody (technologii) spajania, rodzaju spajanego metalu, długości łuku spawalniczego, natężenia prądu, a także stężenia gazów i pyłów na stanowisku spawalniczym. Rozwój technologii spawalniczych powoduje wprowadzanie do praktyki nowych metod spajania, mających na celu coraz doskonalsze łączenie nowych rodzajów materiałów metodami oszczędzającymi energię. Od wielu lat procesem dominującym spośród wszystkich procesów spawania łukowego stanowi spawanie elektrodą topliwą w osłonie gazów metodą MIG/MAG. Za pomocą spawania/lutospawania tą metodą można łączyć niemal wszystkie metale i stopy. W wyniku badań i prac czołowych producentów urządzeń spawalniczych powstały nowe warianty spawania MIG/MAG, takie jak CMT (Cold Metal Transfer) i ColdArc, nadające się zwłaszcza do łączenia materiałów o małej grubości. Procesy te cechują się zmniejszeniem zapotrzebowania na energię podczas spawania i mniejszą ilością rozprysków [2, 3, 4, 5, 7].

Powstaje pytanie, jakie zagrożenia związane są z nowymi technologiami spawalniczymi i jakie należy podjąć kroki w celu zapewnienia bezpiecznych warunków pracy spawaczy i osób znajdujących się w pobliżu stanowisk spawalniczych. Szczególnie interesujące jest znalezienie relacji między warunkami technologicznymi procesów spawalniczych a emitowanym promieniowaniem optycznym.

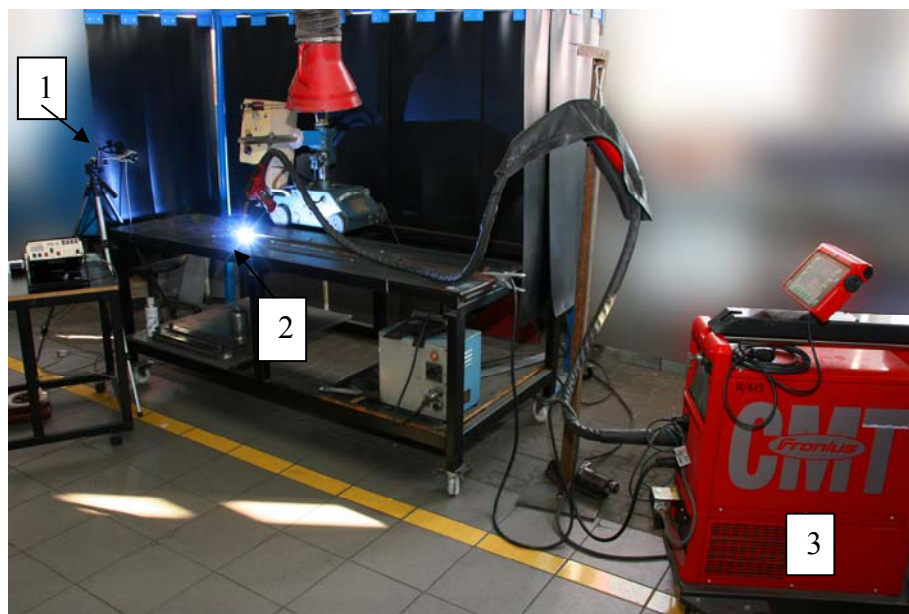
Celem pracy było zbadanie poziomu promieniowania nadfioletowego emitowanego podczas spawania i lutowania innowacyjnymi metodami niskoenergetycznymi CMT oraz ColdArc stali nierdzewnych i stali z powłokami ochronnymi antykorozyjnymi, w zależności od technologii spawania.

2. MATERIAŁ I METODYKA

Mierzono skuteczne natężenie napromienienia promieniowania nadfioletowego emitowanego przez łuki elektryczne podczas spawania i lutowania automatycznego metodami CMT oraz ColdArc. Spawano blachy stalowe oznaczone symbolami X5CrNi18-10 oraz X6Cr17 o grubości 1,5 mm. Stal X5CrNi18-10 jest to stal austenityczna chromowo-niklowa, której warunki spawania są reprezentatywne dla tej grupy materiałów. Stal X6Cr17 jest to stal chromowa ferrytyczna, często używana na konstrukcje stalowe. Spawanie stali austenitycznej wykonywano elektrodą drutową 308L-Si/MVR o średnicy 1,2 mm stosując następujące gazy osłonowe: argon, mieszaniny 97,5% Ar+2,5% CO₂ oraz 98%Ar+2%O₂. Spawanie stali chromowej X6Cr17 wykonywano elektrodą drutową SKWA-IG o średnicy 1,2 mm, stosując następujące mieszaniny gazów osłonowych: 82%Ar+18%O₂, 98%Ar+2%O₂, 97,5%Ar+2,5%CO₂ oraz 90%Ar+5%CO₂+5%O₂.

Lutowano blachy grubości 1,5 mm o symbolach DX 54D oraz DP 600X z antykorozyjnymi powłokami ochronnymi. Stal DX 54D należy do grupy niestopowych stali konstrukcyjnych, natomiast stal DP 600X jest wysoko-wytrzymałą stalą dwufazową, zawierającą ferryt oraz martenzyt. Badano stale pokryte warstwą czystego cynku, oznaczone symbolem „Z” oraz stopem cynku i żelaza, oznaczone symbolem „ZF”. Lutowanie wykonywano elektrodą drutową CuSi3 o średnicy 1,0 mm, w osłonie argonu.

Końcówka elektrody podczas spawania i lutowania umieszczona była w odległości 13 mm nad spawaną blachą. Nad elektrodą na wysokości 0,6 m nad spoiną znajdował się odciąg gazów o wydajności 1000 m³/godz. Natężenie prądu spawania zmieniano w zakresie 67-156 A, a lutowania w zakresie 32-90 A. Prędkość spawania wynosiła 350-950 mm/min a lutowania 225-330 mm/min.

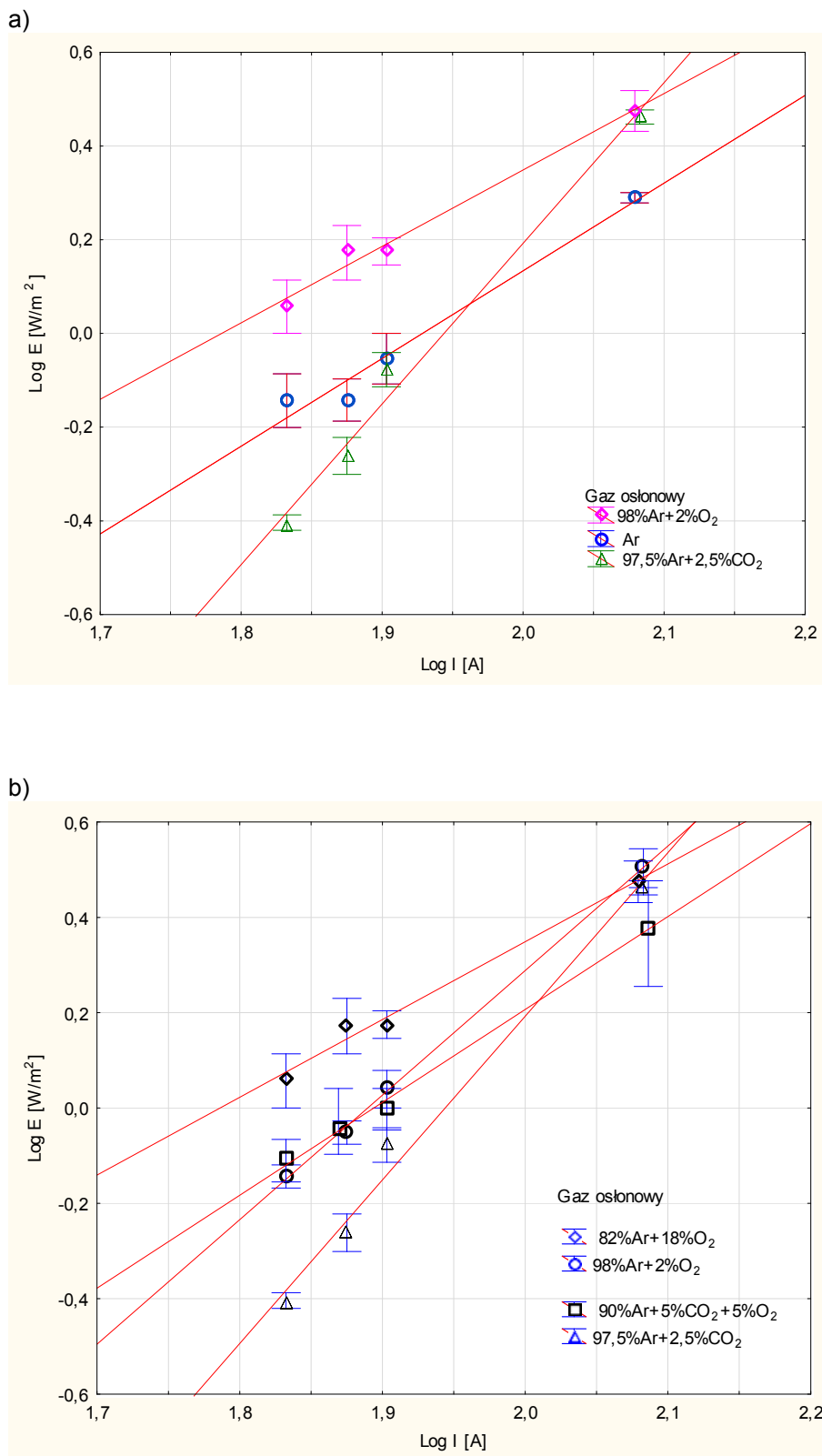


Rys. 1. Stanowisko pomiarowe
1 – detektor, 2 – łuk spawalniczy, 3 – spawarka

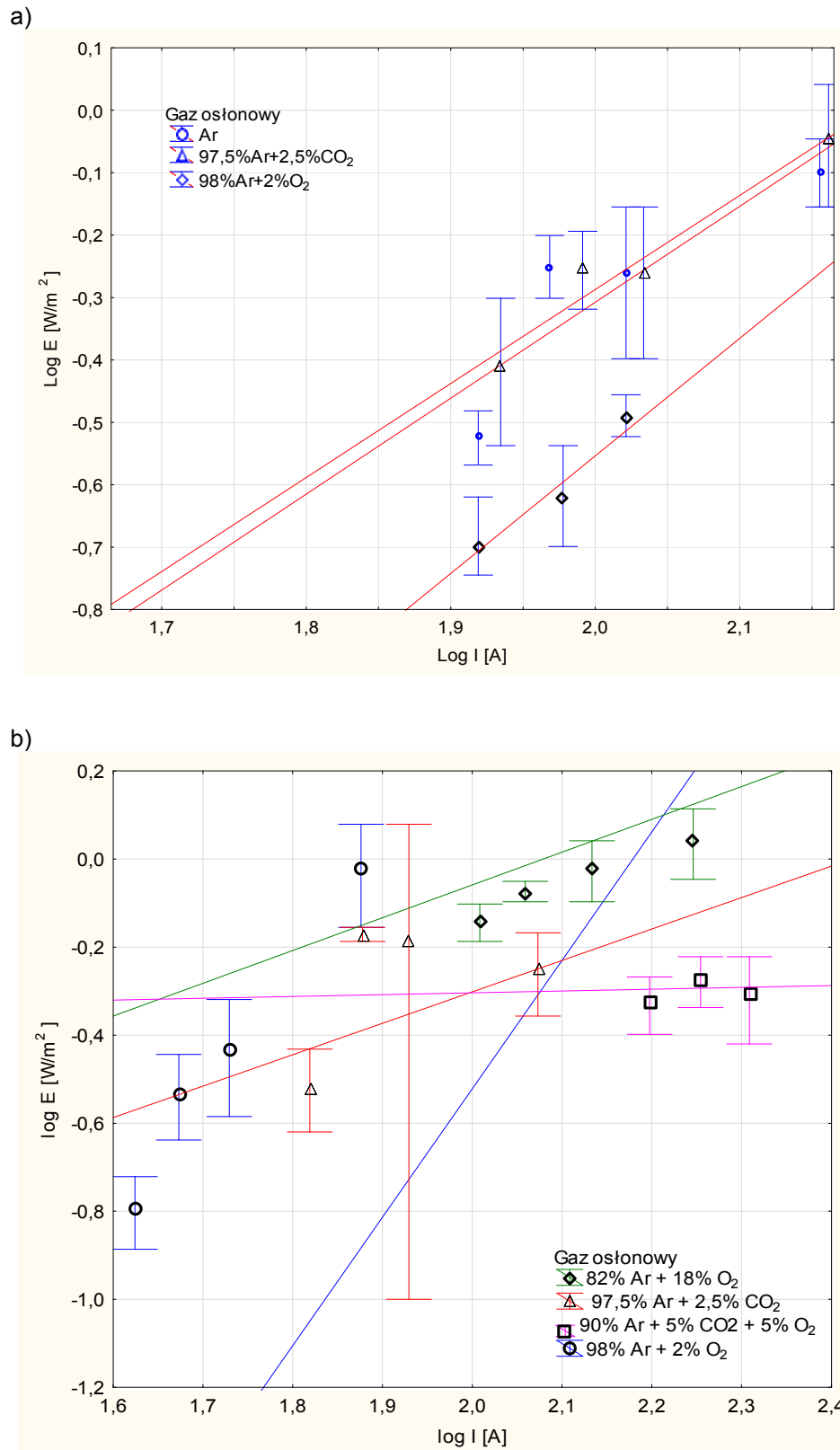
Pomiary promieniowania UV wykonano radiometrem typu IL 1800 firmy International Light (USA) z sondą pomiarową składającą się z detektora SED240, filtru ACT4 i przesłony szerokokątowej typu W. Rozkład widmowy sondy odpowiadał krzywej S_{λ} skuteczności zagrożenia promieniowaniem UV według ICNIRP przyjętej przez ACGIH, państwa Unii Europejskiej oraz Polskę [1, 6]. Pomiary wykonano zgodnie z normą PN-T-06589:2002 [6]. Sondę umieszczano w odległości 1 m od łuku na wysokości 0,3 m nad płaszczyzną spawania, skierowaną w stronę łuku spawalniczego (rys. 1). Czas pomiaru wynosił 5-10 sekund dla każdego wariantu spawania.

3. WYNIKI

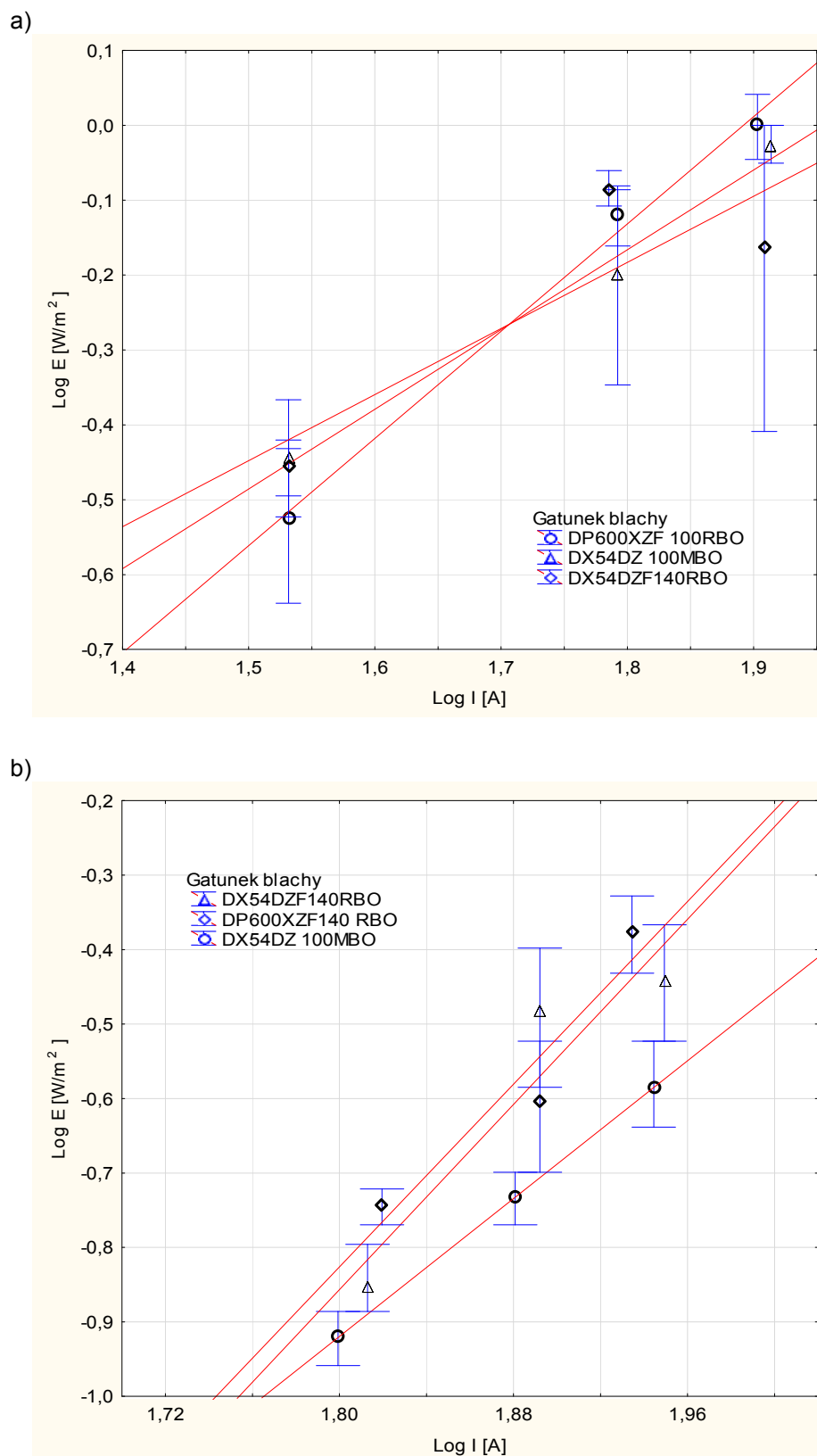
Otrzymane wyniki pomiarów wykazały, że natężenie napromienienia UV przy spawaniu i lutospawaniu wzrasta wykładniczo ze wzrostem natężenia prądu spawania. Na rysunkach 2-4 przedstawiono w układzie logarytmicznym minimalne, maksymalne i średnie wartości natężenia napromienienia promieniowania nadfioletowego badanych łuków w zależności od natężenia prądu spawania i lutospawania dla różnych gazów osłonowych i różnych gatunków spawanych i lutospawanych blach .



Rys. 2. Zależność natężenia napromienienia UV od natężenia prądu spawania metodą CMT dla różnych gazów osłonowych; a) blacha X5CrNi18-10 1.4301, b) blacha X6Cr17 1.4016



Rys. 3. Zależność natężenia napromienienia UV od natężenia prądu spawania metodą ColdArc dla różnych gazów osłonowych; a) blacha X5CrNi18-10 1.4301, b) blacha X6Cr17 1.4016



Rys. 4. Zależność natężenia napromienienia UV od natężenia prądu lutowania w osłonie argonu dla różnych gatunków blach i powłok ochronnych; a) metoda CMT, b) metoda Cold/Arc

Z powyższych rysunków wynika, że logarytm natężenia napromienienia promieniowania UV podczas spawania i lutowania jest proporcjonalny do logarytmu natężenia prądu spawania/lutowania. Zależność tę można opisać równaniem:

$$\log E = a \log I + b \quad (1)$$

gdzie:

E – natężenie napromienienia promieniowania UV w $[W/m^2]$, I – natężenie prądu spawania/lutowania w $[A]$, a , b – stałe zależne od metody i rodzaju spawania/lutowania, duża wartość parametru „ a ” oznacza duży wpływ natężenia prądu spawania/lutowania na natężenie napromienienia UV, natomiast parametr „ b ” określa pionowe przesunięcie prostej.

Wyznaczone stałe a i b przedstawiono w tabeli 1. Jak wynika z tabeli 1, największy wpływ na parametr „ a ” ma metoda spawania lub lutowania, natomiast materiał spawany w przypadku metody CMT nie wpływa na jej wartość. Również z rysunku 4, przedstawiającego zmiany natężenia promieniowania UV spowodowane zmianą natężenia prądu lutowania różnych gatunków blach o różnych powłokach ochronnych nie wynika, aby materiał lutowany miał wpływ na wartość parametru „ a ”. Większe wartości parametru „ a ” występują w przypadku spawania metodą CMT (średnio około 2,5) niż metodą ColdArc (średnio 1,46-1,69). Odwrotna sytuacja ma miejsce podczas lutowania, wówczas większe wartości stała „ a ” przyjmuje w przypadku metody ColdArc (średnio 2,74) niż CMT (średnio 1,16).

TABELA 1

Wartości stałych a i b dla różnych metod i rodzajów spawania i lutowania

Metoda spawania i gatunek spawanej blachy	Wartości stałej a	Wartości stałej b
Spawanie metodą CMT, blacha X5CrNi18-10 1.4301 gr. 1,5 mm	min = 1,66 max = 3,43 śr = 2,54	min = -6,67 max = -2,96 śr = -4,81
Spawanie metodą CMT, blacha X6Cr17 1.4016 gr.1,5 mm	min = 1,64 max = 3,43 śr = 2,53	min = -6,66 max = -2,93 śr = -4,79
Spawanie metodą Cold/Arc, blacha X5CrNi18-10 1.4301 gr. 1,5 mm	min = 1,50 max = 1,88 śr = 1,69	min = -4,33 max = -3,28 śr = -3,80
Spawanie metodą Cold/Arc, blacha X6Cr17 1.4016 gr.1,5 mm	min = 0 max = 2,93 śr = 1,46	min = -6,38 max = -0,32 śr = -3,35
Lutowanie metodą CMT, gaz osłonowy Ar	min = 0,88 max = 1,44 śr = 1,16	min = -2,73 max = -1,86 śr = -2,29
Lutowanie metodą Cold/Arc, gaz osłonowy Ar	min = 2,34 max = 3,14 śr = 2,74	min = -6,50 max = -5,13 śr = -5,81

Z rysunków 1 i 2 wynika, że duży wpływ na stałą „a” ma również rodzaj gazu osłonowego: w przypadku metody CMT największą wartość osiąga parametr „a” podczas spawania w osłonie mieszanki gazowej 97,5%Ar+2,5%CO₂, niezależnie od rodzaju spawanej blachy. Natomiast rodzaj gazu osłonowego podczas spawania stali austenicznej X5CrNi18-10 metodą ColdArc nie wpływa na wartość parametru „a”, zaś w przypadku spawania stali chromowej X6Cr17 największą wartość parametr ten osiąga dla mieszanki 98%Ar+2%O₂.

Największe natężenie promieniowania UV występuje podczas spawania lub lutowania metodą CMT, zwłaszcza w osłonie mieszanki 98%Ar+2%O₂ w przypadku stali austenicznej X5CrNi18-10 oraz w osłonie mieszanki gazowej 82%Ar+18%O₂ w przypadku stali chromowej X6Cr17. Natomiast najniższe natężenie promieniowania UV w przypadku spawania metodą ColdArc stwierdzono dla mieszanki 98%Ar+2%O₂. Emisja promieniowania UV podczas spawania i lutowania jest podobna dla tych samych prądów spawania. Większe zagrożenie promieniowaniem UV występuje jednak podczas spawania, ponieważ spawanie wykonuje się zwykle większymi prądami niż lutowanie.

4. PODSUMOWANIE

Otrzymane wyniki są bardzo interesujące. Wskazują, że natężenie napromienienia UV podczas spawania i lutowania zależy w sposób wykładniczy od natężenia prądu spawania. Poza tym na wielkość emitowanego nadfioletu ma wpływ metoda spawania i lutowania oraz rodzaj gazu osłonowego, natomiast wpływ rodzaju spawanego materiału, zwłaszcza podczas lutowania jest trudny do jednoznacznego zdefiniowania, jednak nie wydaje się mieć dużego znaczenia.

W aspekcie ograniczenia emisji UV najkorzystniejsze jest niskoenergetyczne lutowanie zwłaszcza metodą ColdArc z uwagi na stosowanie mniejszych prądów niż podczas spawania. Zmniejszenie emisji promieniowania UV można uzyskać stosując odpowiedni gaz osłonowy oraz ograniczając do koniecznego minimum natężenie prądu spawania lub lutowania.

Zależności natężenia napromienienia UV od natężenia prądu spawania/lutowania dla różnych metod spawania/lutowania można opisać równaniami matematycznymi, jednak z uwagi na małą ilość pomiarów i duże zróżnicowanie wyników, wyciąganie daleko idących wniosków nie jest wystarczająco uzasadnione. Należałoby zwłaszcza przeprowadzić więcej pomiarów emitowanego promieniowania UV dla dużych prądów spawania, powyżej 100 A, a także dla większej liczby spawanych materiałów.

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

LITERATURA

1. ACGIH, Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, Cincinnati, 1997.
2. Bruckner J.: Cold metal transfer has a future joining steel to aluminium. Welding Journal, www.aws.org/wj/2005/06/038.
3. CMT: Cold Metal Transfer - materiały firmy Fronius.
4. Goecke S.F.: Low Energy Arc Joining Process for Materials Sensitive to Heat., publikacja firmy EWM Hightec Welding.
5. Himmelbauer K.: The CMT process - a revolution in welding technology. IIW Doc. XII-1875-05.
6. Polska Norma PN-T-06589:2002 Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy.
7. Turyk E., Czwońnóg B.: Lutospawanie metodą MIG/MAG. Poradnik inżyniera. Spawalnictwo. Warszawa WNT 2005.

Rękopis dostarczono dnia 16.04.2012 r.

ULTRAVIOLET RADIATION DURING WELDING AND SOLDER-WELDING OF THE LOW ENERGETISTIC ARC METHODS

Stanisław MARZEC, Jolanta MATUSIAK
Jolanta NOWICKA, Joanna WYCIŚLIK

ABSTRACT *Tested the intensity of UV during of the CMT and ColdArc welding methods of austenitic chrome-nickel steel with symbol X5CrNi18-10 steel and chromium ferritic steel with symbol X6Cr17 and during solder-welding steel with the symbols of the DX 54D and DP 600X, coated with a protective layer of pure zinc or zinc alloy and iron. Welding has been performed in the shielding argon or a mixture of argon, oxygen and carbon dioxide, while solder-welding has been shielded argon only. It was found that the intensity of the UV increases exponentially with an increase in the intensity of the welding current or solder-welding. In addition to the intensity of the emitted the ultraviolet affects the method of welding/ solder-welding and types of shielding gases and welding/solder-welding materials are practically meaningless.*

Keywords: *ultraviolet radiation, effective radiant exposure, welding, solder-welding*