



dr inż. TOMASZ JANKOWSKI (ORCID: 0000-0003-3620-9407)  
 mgr inż. PIOTR SOBIECH (ORCID: 0000-0002-6929-1374)  
 Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
 Kontakt: tojan@ciop.pl  
 DOI: 10.54215/BP.2022.03.8.Jankowski

# Wpływ nawiewu bocznego wspomagającego na skuteczność usuwania zanieczyszczeń powietrza ze stanowiska spawalniczego

Fot. World Image/Bigstockphoto



Prawidłowe zaprojektowanie systemu wentylacji na stanowisku spawania wymaga ustalenia przepływu dymów spawalniczych oraz określenia podstawowych parametrów procesowych spawania. Na podstawie przeglądu rozwiązań wentylacyjnych, stosowanych do ochrony człowieka przed zanieczyszczeniami powietrza, występującymi podczas prac spawalniczych, oraz przeprowadzonej analizy środowiska pracy spawaczy, wytycznych i dokumentów normatywnych możliwy jest wybór najlepszego wariantu przepływu powietrza przez urządzenia i odciągi miejscowe. Dotychczasowe rozwiązania dotyczące instalacji wentylacji stanowisk spawalniczych okazują się nie w pełni skuteczne pod kątem wychwytywania cząstek pyłów i dymów spawalniczych. Jeżeli już zapewniają efektywne usuwanie dymów spawalniczych, wymagane jest zastosowanie dużych strumieni powietrza wywiewanego. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że wspomaganie bocznym nawiewem umożliwia zwiększenie skuteczności wychwytu i skrócenie czasu przepływu dymów spawalniczych ze strefy roboczej spawania do strefy górnej. Zastosowanie nawiewu wspomagającego pozwoliło na poprawienie zasięgu skutecznego działania odciągu miejscowego w procesie spawania.

*Słowa kluczowe: nawiew powietrza, miejscowa wentylacja wywiewna, prędkość powietrza, dymy spawalnicze*

## The impact of the use of side air supply on the efficiency of removing air pollution emission from a welding station

The correct design of the ventilation system at the welding station requires the determination of the welding fumes flows and the definition of the basic welding process parameters. On the basis of the review of ventilation solutions used to protect man against air pollution occurring during welding work and conducted analysis of the work environment of welders, guidelines and normative documents, it is possible to choose the best variant of air flow through the devices and local exhausts. The existing solutions for the installation of ventilation of welding stations are not fully effective in terms of capturing particles of welding dust and fumes. If they already provide a sufficiently effective removal of welding fumes, this requires the use of large exhaust air streams. Based on the test results, it was found that the lateral supply support allows to increase the capture efficiency and reduce the flow of welding fumes from the welding work zone to the upper zone. The use of supportive ventilation allowed to improve the range of effective local exhaust ventilation in the welding process.

*Keywords: air supply, local exhaust ventilation, air velocity, welding fumes*

## Wstęp

W procesach technologicznych, które są źródłem miejscowej emisji szkodliwych substancji, należy stosować odciągi miejscowe, współpracujące z wentylacją ogólną. Umożliwia to spełnienie w strefie pracy wymagań dotyczących jakości środowiska wewnętrznego, określonych w przepisach bezpieczeństwa i higieny pracy [1].

Jednym ze źródeł emisji szkodliwych substancji jest powszechny w przemyśle proces spawania. Dotychczasowe rozwiązania instalacji wentylacji stanowisk spawalniczych nie są energooszczędne, a jeśli zapewniają stosunkowo efektywne usuwanie dymów spawalniczych, to wymagają zastosowania dużych strumieni powietrza wywiewanego.

W pracach badawczych, prowadzonych w ostatnich latach na świecie, jako nawiew wspomagający rozpatrywano dwa aspekty:

- strumień powietrza kierowany bezpośrednio w rejon działania miejscowej instalacji wentylacji wywiewnej,
- strumień powietrza kierowany ogólnie do pomieszczenia pracy, co umożliwia oddziaływanie zjawisk konwekcji i dyfuzji zanieczyszczeń powietrza w otoczeniu miejscowej instalacji wentylacji wywiewnej.

Ukierunkowanie nawiewu bezpośrednio w rejon oddziaływania miejscowej instalacji wentylacji wywiewnej wspomaga przemieszczanie się zanieczyszczeń powietrza do otworu wlotowego instalacji.

Prowadzenie badań w tym kierunku jest zgodne z rozporządzeniem [2] wdrażającym dyrektywę maszynową 2006/42/WE, zmienioną rozporządzeniem 596/2009/WE i dyrektywą 2009/127/WE. Badania powinny obejmować działania mające na celu eliminowanie lub zmniejszanie zagrożenia zanieczyszczeniami powietrza u źródła ich emisji przez zastosowanie rozwiązań technicznych uniemożliwiających przedostawanie się zanieczyszczeń do strefy oddychania pracowników.

Miejscowa wentylacja wywiewna w postaci odciągów spawalniczych stanowi najskuteczniejszy sposób zapewnienia czystego

powietrza na stanowiskach spawalniczych. Jej zadaniem jest wychwytywanie zanieczyszczeń powietrza bezpośrednio przy źródle emisji i zapobieganie ich rozprzestrzenianiu się w pomieszczeniu pracy.

Pewną niedogodnością, związaną ze stosowaniem instalacji wentylacji miejscowej, jest konieczność umieszczania jej bezpośrednio w rejonie źródeł emisji pyłów, co wynika z ograniczonego obszaru skutecznego działania elementów, które wychwytyują zanieczyszczenia powietrza. Wentylacja miejscowa (odciągi spawalnicze) nie zastępuje więc wentylacji ogólnej pomieszczenia spawalni, lecz stanowi jej uzupełnienie.

Dotychczasowe prace koncentrowały się głównie na zwiększaniu skuteczności rozwiązań wentylacji miejscowej oraz ich adaptacji do zagrożenia pyłami i dymami na stanowiskach spawalniczych [3-10]. Obecnie przedmiotem wielu badań jest wspomaganie działania wentylacji miejscowej przez stosowanie: osłon, stołów spawalniczych ze zmiennym kierunkiem przepływu (odciągami górnym, dolnym i bocznym), wentylacji ogólnej *push-pull* oraz wentylacji waporowej [11-16].

W artykule przedstawiono wyniki badania rozdziału powietrza na modelowym stanowisku do spawania (opracowanym i zbudowanym w CIOP-PIB) pod kątem oceny wpływu tego rozdziału na emisję dymów spawalniczych ze źródeł znajdujących się w przestrzeni roboczej działania modułowej wentylacji waporowej, wspomaganą głowicą nawiewnika. To stanowisko, wyposażone w lamele spawalnicze, zapewnia ochronę spawaczy i pracowników znajdujących się w otoczeniu przed zagrożeniem dymami oraz przed iskrami i odpryskami. Wspomaganie głowicą nawiewnika pozwala na zwiększenie skuteczności wychwyty i skrócenie czasu przepływu pyłów i dymów ze strefy roboczej spawania do strefy górnej. Zastosowanie tego rozwiązania jest możliwe



Fot. 1. Komora testowa  
Photo 1. Test chamber

w przypadku spawania konstrukcji wielkogabarytowych, na stanowiskach spawalniczych niemających stałej lokalizacji i w warunkach, gdy wykluczone jest odprowadzanie powietrza bezpośrednio przy źródle emisji związanym z procesem spawania.

### Metodyka badawcza

Ocenę działania instalacji wentylacji miejscowej i rozdziału powietrza wentylacyjnego w otoczeniu źródła emisji związanego z procesem spawania przeprowadzono na stanowisku badawczym, wyposażonym w trzy moduły pomiarowe zgodne z PN-EN 12599:2013-04, PN-EN ISO 5167-1:2005 oraz PN-EN 1093-3+A1:2008 [17-19].

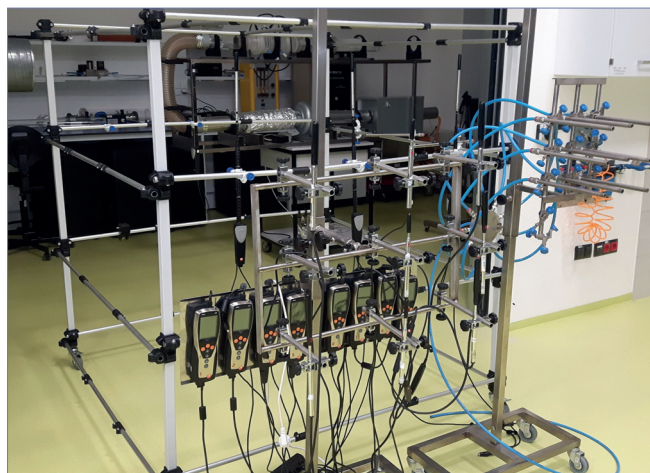
Podczas badania prowadzono proces spawania z użyciem trzech różnych elementów do spawania (o średnicy 155 mm, 50 mm i 8 mm).

Pierwszy moduł (fot. 1) składał się z komory testowej oraz przyrządów do określania parametrów powietrza. Komora do badań stanowiła zamkniętą przestrzeń w kształcie prostopadłościanu, zbudowaną wewnątrz laboratorium. Szerokość i długość komory to od-

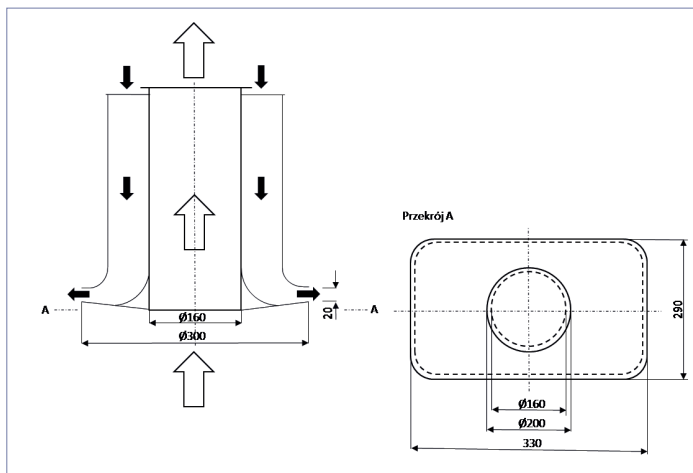
powiednio 3 m i 4 m, a wysokość do sufitu – 3 m. Podczas badań utrzymywano laminarny przepływ powietrza wzdłuż komory testowej. Zmierzona wartość strumienia objętościowego powietrza wynosiła  $511 \pm 35 \text{ m}^3/\text{h}$ .

W ramach badań przeprowadzono pomiary prędkości przepływu powietrza oraz temperatury i wilgotności względnej powietrza w otoczeniu obiektu badań w komorze testowej. Do tych pomiarów wykorzystano zestaw (fot. 2) składający się z takich elementów, jak:

- wielopunktowy zestaw pomiarowy TESTO 435-4 (Testo AG), umożliwiający pomiar prędkości przepływu powietrza, temperatury i wilgotności względnej powietrza w otoczeniu obiektu badań;
- anemometr VelociCalc 8360-M-GB (TSI Incorporated Ltd.) do pomiaru prędkości przepływu powietrza w przewodzie systemu wychwytywania;
- elektroniczny mikromanometr różnicowy 008/10 kPa (Instytut Mechaniki Górotworu PAN) do określania spadku ciśnienia w przewodzie wywiewnym;



Fot. 2. Moduł do pomiaru prędkości przepływu powietrza w otoczeniu źródła emisji  
Photo 2. Module for measuring the air flow velocity in the vicinity of the emission source



Rys. 1. Głowica miejscowego odciągu powietrza z bocznym nawiewem  
Fig. 1. Local air exhaust ventilation head with side air supply

- konstrukcja nośna do sond pomiaru parametrów powietrza (CIOP-PIB);
- generatory do wizualizacji przepływu powietrza Antari Z-1000 (Antari) oraz Dräger Air Flow Tester (Dräger).

W skład trzeciego modułu pomiarowego weszły dwa systemy pomiarowe: system dozowania znacznika gazowego w miejscu emisji rzeczywistych zanieczyszczeń oraz system pobierania próbek zanieczyszczenia powietrza i znacznika gazowego. Pierwszy z wymienionych systemów zawierał następujące elementy:

- butlę ze znacznikiem gazowym (heksafluorkiem siarki –  $\text{SF}_6$ ) wraz z reduktorem dwustopniowym (Merck Polska);
- zestaw trzech przepływomierzy, umożliwiających pomiar strumienia objętościowego znacznika gazowego emitowanego w źródle rzeczywistych zanieczyszczeń w zakresie od 1 ml/min do 500 l/min (Cole Parmer);
- zestaw sond do emitowania znacznika gazowego w miejscu emisji rzeczywistych zanieczyszczeń powietrza (CIOP-PIB).

Znacznik gazowy ( $\text{SF}_6$ , Merck Polska) podawano w miejscu emisji zanieczyszczenia powietrza za pomocą zespołu sond w czasie od 1 minuty do 30 minut. Dolna granica wykrywalności  $\text{SF}_6$  wynosi 0,006 mg/m<sup>3</sup>.

W celu zbadania zmian stężenia masowego znacznika gazowego w punktach pomiarowych 1-4, zlokalizowanych w środku każdego z boków miejscowego odciągu powietrza oraz na wysokości płaszczyzny otworu wlotowego odciągu, tj. 1,5 m od podłogi, przeprowadzono pomiary z wykorzystaniem:

- zestawu sond do pobierania próbek powietrza (CIOP-PIB), umożliwiającego zasysanie znacznika gazowego do danego miernika (MIRAN SapphiRe, model 100E);
- przenośnego analizatora znaczników gazowych (MIRAN SapphiRe, model 100E), mierzącego stężenie masowe heksafluorku siarki w zakresie od 0,006 do 24 mg/m<sup>3</sup> z niepewnością pomiaru do 20%.

Szczegółowe procedury wprowadzania i próbkowania znacznika gazowego w czasie pomiarów przedstawiono w PN-EN ISO 12569:2017-12 [20].

Na stanowisku badawczym zastosowano wspomagający nawiew boczny przy miejscowym odciągu powietrza (rys. 1). Nawiewnik zlokalizowano obwodowo wokół kołnierza odciągu miejscowego, w którym będą zamontowane wielokierunkowe otwory nawiewne. Urządzenie składa się ze ssawki o średnicy 160 mm oraz z nawiewnika z pierścieniową dyszą nawiewną o średnicy 300 mm i wysokości otworu 2 mm. Nawiewnik jest zorientowany równoległe do płaszczyzny otworu usuwającego powietrze. Prędkość powietrza jest regulowana w otworze odciągu w zakresie do 20 cm/s (a strumień objętości powietrza jest regulowany do 750 m<sup>3</sup>/h), a w nawiewie szczelinowym – do 60 cm/s (do 200 m<sup>3</sup>/h).

Podczas badania czas działania miejscowego odciągu powietrza oraz nawiewu bocznego wynosił od 1 minuty do 30 minut.

### Wyniki badań i ich omówienie

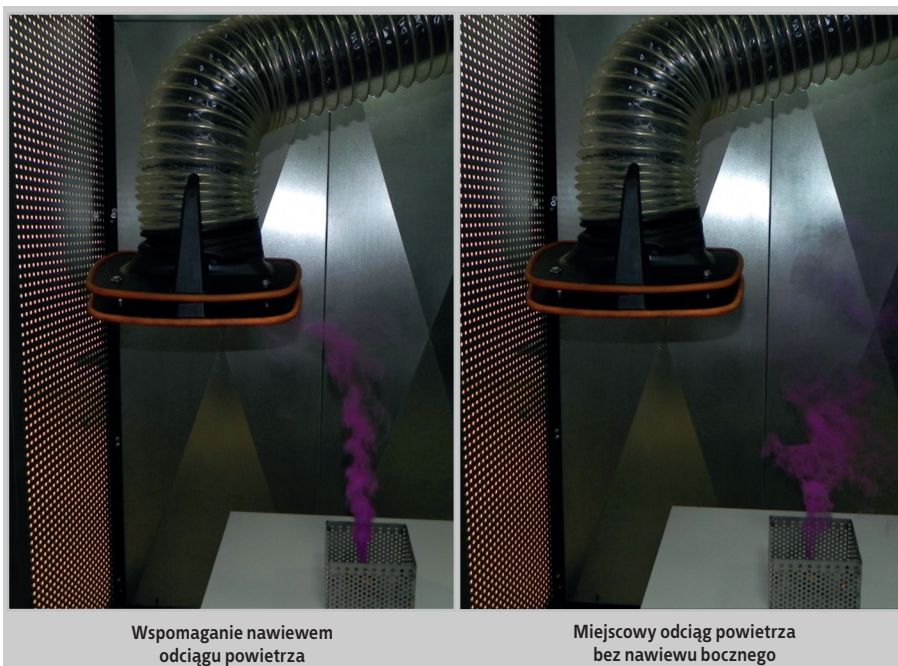
W przypadku badań omawianych w niniejszym artykule duże znaczenie mają metody wizualizacji przepływu powietrza. Takie wizualizacje pozwalają bowiem na zobrazowanie przepływu powietrza w otoczeniu głowicy nawiewnika wspomagającego miejscowy odciąg powietrza.

Na fot. 3 i 4 zobrazowano przepływ powietrza w płaszczyznach pomiarowych zlokalizowanych wokół głowicy nawiewnika wspomagającego wentylację wywiewną, a na rys. 2 i 3 – rozkłady prędkości przepływu powietrza wokół instalacji wentylacji wywiewnej i nawiewnika wspomagającego.

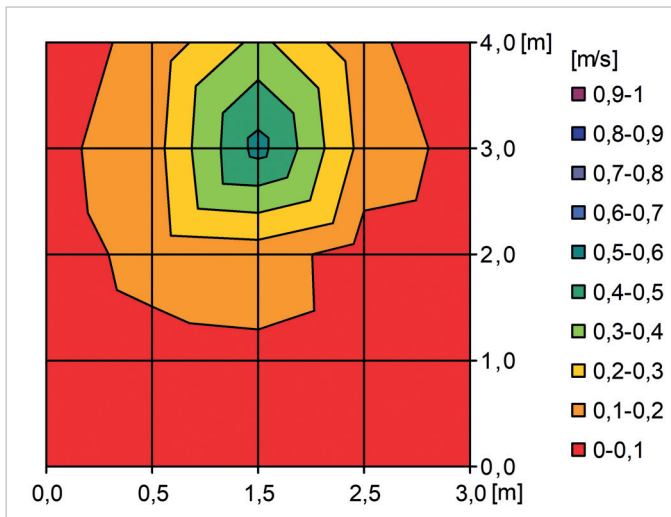
Zdefiniowane zmiany stężenia masowego heksafluorku siarki w otoczeniu pracującego źródła emisji z miejscowym odciąganiem powietrza i wspomagającym nawiewem bocznego miały zbliżony przebieg, w którym można wyróżnić trzy etapy:



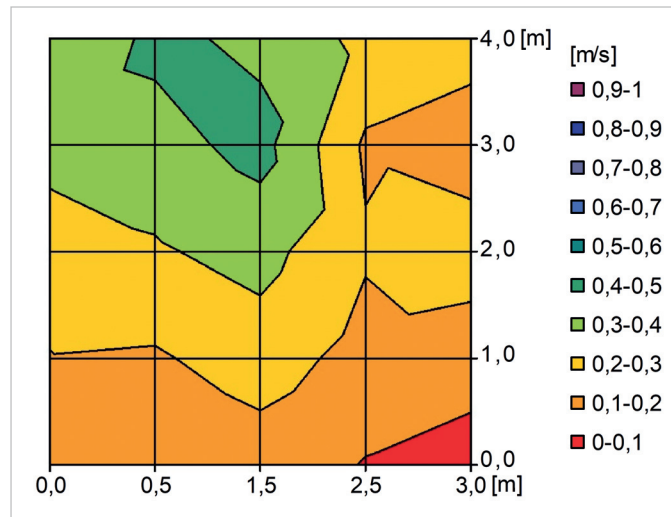
Fot. 3. Wizualizacja przepływu powietrza w dolnej płaszczyźnie głowicy nawiewnika  
Photo 3. Visualization of the air flow in the lower plane of the ventilator head



Fot. 4. Wizualizacja przepływu powietrza w bocznej płaszczyźnie głowicy nawiewnika  
Photo 4. Visualization of the air flow in the lateral plane of the ventilator head



Rys. 2. Rozkład prędkości powietrza (w m/s) w otoczeniu miejscowego odciągu powietrza  
Fig. 2. Air velocity distribution (in m/s) in the vicinity of exhaust ventilation



Rys. 3. Rozkład prędkości powietrza (w m/s) w otoczeniu głowicy nawiewnika wspomagającego  
Fig. 3. Air velocity distribution (in m/s) in the vicinity of the auxiliary ventilator head

tło (czas pomiaru do 1 minut), wzrost (czas pomiaru od 1 do 15 minut) i stabilizację stężenia (czas pomiaru od 15 do 30 minut).

Na rys. 4 przedstawiono zmiany stężenia znacznika gazowego wokół instalacji wentylacji wywiewnej bez nawiewu bocznego. Zmiany stężenia znacznika gazowego wokół instalacji wentylacji wywiewnej z nawiewem wspomagającym pokazano na rys. 5.

Analiza wyników badań uwiidocznia istotny wpływ zmian w charakterystyce przepływowej głowicy na parametry związane ze skutecznością usuwania zanieczyszczeń powietrza ze źródła ich emisji.

Wykonane zdjęcia, na których zarejestrowano przepływ powietrza, wskazują na złożoność i różnorodność oddziaływań kształtujących przepływy powietrza w otoczeniu głowicy nawiewnika.

Wizualizacja przepływu powietrza potwierdziła, że zastosowanie nawiewu wspomagającego może poprawić zasięg skutecznego działania odciągu miejscowego w procesie spawania (fot. 3 i 4).

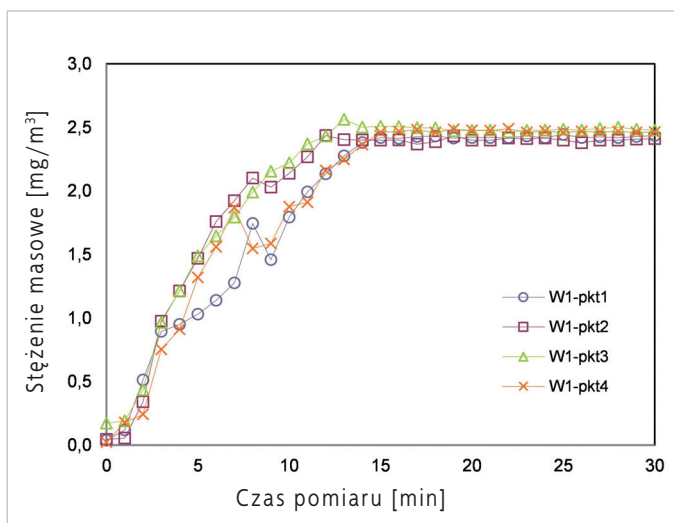
Z analizy rozkładów prędkości powietrza w otoczeniu obiektu badań wynika, że wraz z odległością od źródła emisji kierunki strumieni powietrza zmieniają się w płaszczyźnie poziomej (rys. 2 i 3).

W przypadku nieczynnej wentylacji (przy wyłączonym miejscowym odciągu powietrza oraz nawiewie bocznym) stwierdzono napływ strumienia powietrza od źródła emisji ku podłodze komory. Zastosowanie wentylacji miejscowej wywiewnej spowodowało zróżnicowanie prędkości w pobliżu działania źródła i odciągu. Ukierunkowany przepływ powietrza ze źródła emisji do odciągu został silnie zmodyfikowany

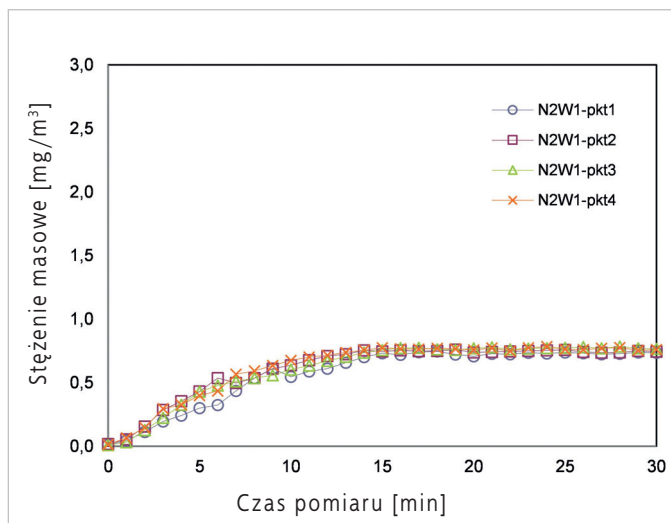
wskutek współdziałania nawiewu bocznego z miejscowym odciągiem powietrza. Spowodowało to większe zróżnicowanie prędkości powietrza w szerszym zakresie płaszczyzn pomiarowych w komorze.

W obu przypadkach widoczne są dość wyrównane rozkłady stężenia masowego zanieczyszczeń symulowanych z użyciem znacznika gazowego we wszystkich punktach pomiarowych w otoczeniu instalacji wentylacji (rys. 4 i 5). Może to świadczyć o tym, że niewychwycone przez odciąg zanieczyszczenia powietrza rozprzestrzeniają się w otoczeniu źródeł emisji w sposób równomierny.

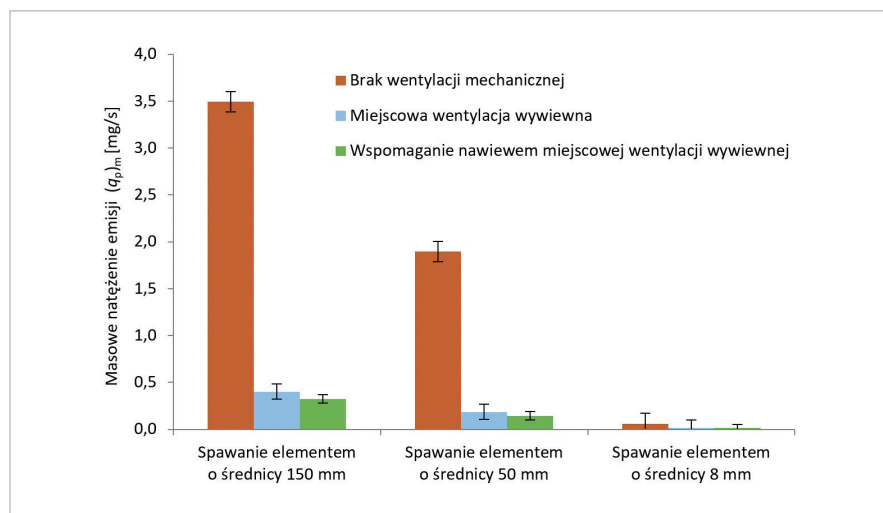
Odnotowano również czterokrotnie zmniejszone wartości stężenia znacznika gazowego w strefie punktów pomiarowych, co prawdopodobnie wynika z faktu, że wspomaganie bocznym nawiewem umożliwia zwiększenie



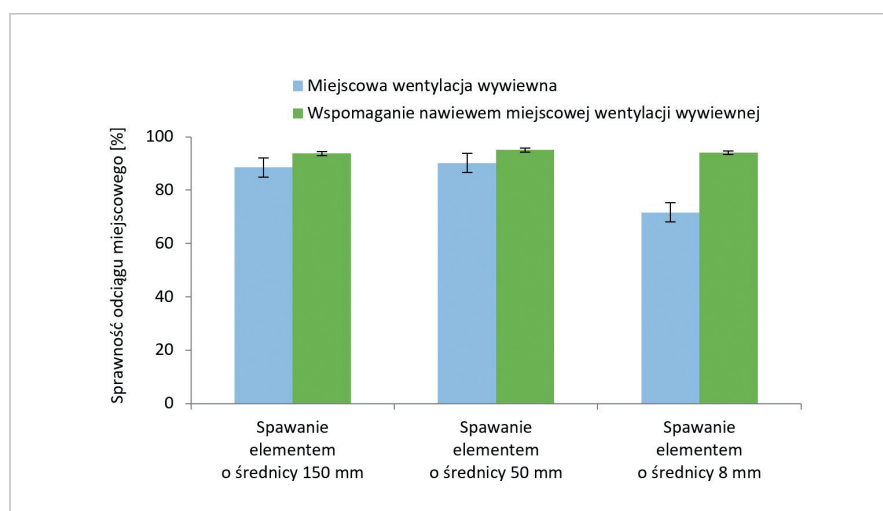
Rys. 4. Zmiana stężenia znacznika gazowego w otoczeniu miejscowego odciągu powietrza  
Fig. 4. Distribution of the gas tracer concentration in the vicinity of exhaust ventilation



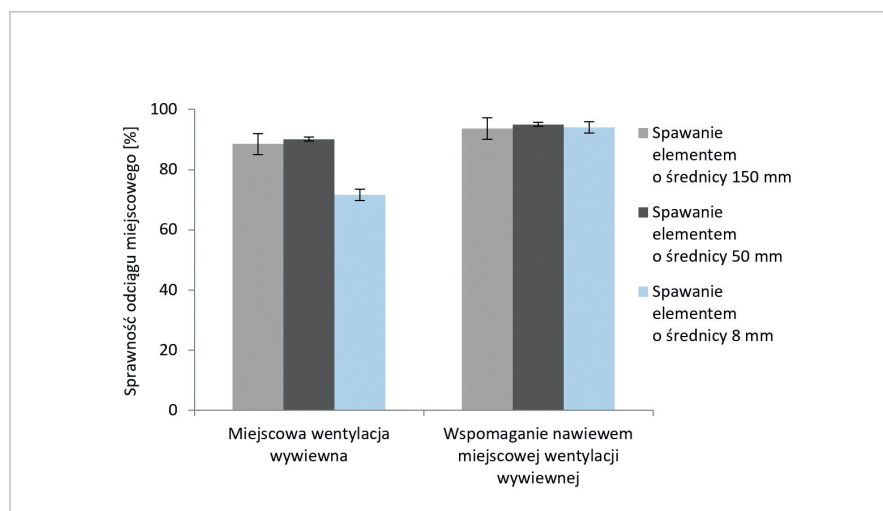
Rys. 5. Zmiana stężenia znacznika gazowego w otoczeniu głowicy nawiewnika wspomagającego  
Fig. 5. Distribution of the gas tracer concentration in the vicinity of the auxiliary ventilator head



Rys. 6. Średnie natężenie emisji zanieczyszczeń powietrza z badanych źródeł dla poszczególnych wariantów wentylacji  
Fig. 6. The average emission of air pollutant emissions from the tested sources for each ventilation variant



Rys. 7. Sprawności wychwytu zanieczyszczeń powietrza emitowanych z badanych źródeł  
Fig. 7. Efficiency of the capture of air pollutants emitted from the tested sources



Rys. 8. Sprawności wychwytu zanieczyszczeń powietrza dla różnych wariantów wentylacji  
Fig. 8. Efficiency of air pollution capture for different variants of ventilation

skuteczności wychwytu i skrócenie czasu przepływu dymów spawalniczych ze strefy roboczej spawania do strefy górnej.

Na rys. 6 przedstawiono wyniki pomiaru natężeń emisji (PN-EN 1093-3+A1:2008) dymów spawalniczych podczas procesów spawania różniących się źródłem emisji (spawanie elementem o średnicy 155 mm, 50 mm i 8 mm) i rodzajem wentylacji (brak wentylacji, miejscowa wentylacja wywiewna, miejscowa wentylacja wywiewna wspomaganą nawiewem). W każdym badanym przypadku największe wartości natężenia emisji odnotowywano przy nieczynnej wentylacji. Biorąc pod uwagę wskaźnik (natężenie) emisji, procesy spawania elementami o średnicach 150 mm (3,49 mg/s) i 50 mm (1,90 mg/s) stwarzały większe zagrożenie niż spawanie elementem o średnicy 8 mm (0,06 mg/s). Przedstawione dane mogą świadczyć o wpływie wymiarów materiału spawającego na wzrost zagrożenia emisją dymów spawalniczych.

Na rys. 7 i 8 przedstawiono zbiorcze wyniki dotyczące wpływu współdziałania miejscowego odciągu powietrza z nawiewem bocznym w otoczeniu źródła emisji dymów spawalniczych na sprawność usuwania zanieczyszczeń powietrza.

### Podsumowanie

Skuteczność wychwytu zanieczyszczeń zmieniała się w zależności od typu zastosowanej wentylacji i wahała się od 72% do 95%. Podczas procesu spawania z elementem spawającym o średnicy 50 mm i z zastosowaniem wspomaganiania wywiewu nawiewnikiem uzyskano największą sprawność wychwytu zanieczyszczeń powietrza, tj. 93%. Natomiast podczas spawania z użyciem elementów spawania o średnicy 8 mm sprawność wychwytu zanieczyszczeń powietrza uzyskano na poziomie 86%.

Na podstawie zestawienia średnich wartości sprawności wychwytu w odniesieniu do poszczególnych wariantów wentylacji należy stwierdzić, że przez kształtowanie ruchu powietrza w ramach współdziałania nawiewu bocznego i miejscowego odciągu powietrza można wychwytywać dymy spawalnicze ze sprawnością 94% podczas spawania elementów o średnicy 8 mm. Rozwiązaniem o najmniejszej, aczkolwiek i tak relatywnie wysokiej sprawności (84%) okazało się wychwytywanie zanieczyszczeń powietrza z użyciem tylko miejscowego odciągu powietrza bez nawiewu bocznego.

Zaprojektowanie – na potrzeby procesów spawania – prawidłowo działającej wentylacji wymaga ustalenia przepływów dymów spawalniczych oraz określenia podstawowych parametrów procesowych spawania. Na podstawie przeglądu rozwiązań wentylacyjnych, stosowanych do ochrony człowieka przed typowymi dla prac spawalniczych zanieczyszczeniami powietrza, a także na podstawie analizy środowiska pracy spawaczy, wytycznych i dokumentów normatywnych można wybrać najlepszy wariant przepływu powietrza przez urządzenia i odciągi miejscowe.

Po przeanalizowaniu wyników badań stwierdzono, że wspomaganie bocznym nawiewem umożliwia zwiększenie skuteczności wychwytu – skróceniu uległ czas przepływu dymów spawalniczych ze strefy roboczej spawania do strefy górnej. Zastosowanie nawiewu wspomagającego pozwoliło na poprawienie zasięgu skutecznego działania miejscowego odciągu powietrza w procesie spawania. Skuteczność działania nawiewu bocznego wspomagającego miejscowy odciąg powietrza zweryfikowano w warunkach laboratoryjnych w komorze testowej CIOP-PIB.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (t.j. Dz.U. z 2003 r. nr 169, poz. 1650, z późn. zm.).
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. nr 199, poz. 1228, z późn. zm.).
- [3] OJIMA, J. Performance of a fume-exhaust gun system in CO<sub>2</sub> arc welding. *Journal of Occupational Health*. 2006, 48: 207-209.
- [4] MEEKER, J.D., SUSI, P., FLYNN, M.R. Manganese and welding fume exposure and control in construction. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2007, 4: 943-951.
- [5] PIRES, I., et al. Fume emissions during gas metal arc welding. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2006, 88: 385-394.
- [6] PIRES, I., QUINTINO, L., MIRANDA, R. Analysis of the influence of shielding gas mixtures on the gas metal arc welding metal transfer modes and fume formation rate. *Materials & Design*. 2007, 28: 1623-1631.
- [7] PIRES, I., QUINTINO, L., AMARAL, V. Reduction of fume and gas emissions using innovative gas metal arc welding variants. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2010, 50: 557-567.
- [8] POPOVIC, O., et al. Fume and gas emission during arc welding: Hazards and recommendation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014, 37: 509-516.
- [9] GOMES, J., ALBUQUERQUE, P., MIRANDA, R., VIEIRA, M. Determination of airborne nanoparticles from welding operations. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. 2012, 75: 747-755.
- [10] GOMES, J., et al. Comparison of deposited surface area of airborne ultrafine particles generated from two welding processes. *Inhalation Toxicology*. 2012, 24: 774-781.
- [11] ALBUQUERQUE, P.C., et al. Assessment and control of nanoparticles exposure in welding operations by use of a Control Banding Tool. *Journal of Cleaner Production*. 2015, 89: 296-300.
- [12] HAN-QING WANG, et al. Fume transports in a high rise industrial welding hall with displacement ventilation system and individual ventilation units. *Building and Environment*. 2012, 52: 119-128.
- [13] MARCONI, M., BRAVACCINI, A. Capture efficiency of integral fume extraction torches for GMA welding – part 1. *Welding in the World*. 2010, 54: 1-15.
- [14] MARCONI, M., BRAVACCINI, A. Capture efficiency of integral fume extraction torches for GMA welding – part 2. *Welding in the World*. 2010, 54, 15-33.
- [15] WALLS, J.R. Characterization of work practices and ventilation techniques in shipyard confined space welding. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. UMI Dissertation Publishing, USA 2012.
- [16] RAMESH, S. Workplace air quality in welding, fabrication environment. *Pipeline & Gas Journal*. 2014, 241: 93-94.
- [17] PN-EN 12599:2013-04. Wentylacja budynków – Procedury badań i metody pomiarowe stosowane podczas odbioru instalacji wentylacji i klimatyzacji.
- [18] PN-EN ISO 5167-1:2005. Pomiary strumienia płynu za pomocą zwęzek pomiarowych wbudowanych w całkowicie wypełnione rurociągi o przekroju kołowym – Część 1: Zasady i wymagania ogólne.
- [19] PN-EN 1093-3+A1:2008. Bezpieczeństwo maszyn – Ocena emisji substancji niebezpiecznych przenoszonych powietrzem – Część 3: Metoda badania stanowiskowego do pomiaru natężenia emisji danego zanieczyszczenia.
- [20] PN-EN ISO 12569:2017-12. Ciepłe właściwości użytkowe budynków i materiałów – Określanie właściwego strumienia powietrza w budynkach – Metoda rozcieńczania gazu znacznikowego.

*Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*



# WELLBEING AT WORK 2022

## WELLBEING IN HECTIC TIMES

### 13 – 15 czerwca 2022

www.waw2022.pl