

## Wentylacja i oczyszczanie powietrza w spawalnictwie

*Aleksander Grimitlin*  
*Asocjacja AVOK Nord-West, Rosja*

### 1. Wstęp

Głównym technologicznym celem wentylacji w pomieszczeniach produkcyjnych jest przestrzeganie sanitarnych wymagań stawianych jakości powietrza bezpośrednio na stanowisku roboczym. Wentylacja nawiewno-wywiewna w wielu przypadkach nie potrafi tego zapewnić. Charakterystycznym przykładem tego jest spawalnictwo.

Technologiczny proces spawania w małym stopniu nadaje się do automatyzacji, dlatego przeważa w nim praca ręczna. Przy takim rozwiązaniu spawacz znajduje się w bezpośrednim kontakcie z wydzielającymi się substancjami szkodliwymi dla zdrowia człowieka. Z badań statystycznych można wnioskować o gwałtownym wzroście zawodowej zachorowalności w spawalnictwie, na przykład liczba zachorowań zawodowych wśród elektrosprawaczy w ciągu ostatnich 15÷20 lat wzrosła prawie dwukrotnie. Według tego wskaźnika zawód spawacza przesuwa się na jedno z czołowych miejsc. Główną przyczyną rosnącej liczby zachorowań jest niedostateczna efektywność instalacji odciągów miejscowych lub ich brak.

Innym problemem, który się zaostrzył na początku 90 lat XX wieku i pozostaje aktualny do dziś, jest problem oszczędzania energii w systemach wentylacji produkcyjnych budynków. Udział zużycia energii na cele ogrzewania i wentylacji w przemyśle wynosi do 30% w bilansie cieplnym rozwiniętych krajów. Ten wskaźnik bilansu cieplnego spowodowany jest rosnącymi wymaganiami w zakresie intensywności wymiany powietrza w pomieszczeniach produkcyjnych. W pomieszczeniach mieszkalnych krotność wymiany powietrza wynosi na ogół 0,3÷0,5, w budynkach użyteczności publicznej (kina, teatry),

stanowi  $3 \div 5$ . Natomiast w pomieszczeniach z technologią spawalniczą ta wartość sięga  $10 \div 20$ .

Główną rezerwą zmniejszenia energochłonności instalacji wentylacyjnych jest obniżenie przepływów powietrza w instalacjach nawiewnych i wywiewnych z zachowaniem ich efektywności pod względem zapewnienia parametrów w strefie oddychania. Zatem zagadnienie „uzdrowienia” powietrza na stanowiskach roboczych przy pomocy wentylacji ma priorytetowe znaczenie gospodarcze i socjalne.

Jednym z rozwiązań zapewniających czystość powietrza na stanowisku roboczym jest pojawienie się samomocujących, giętkich przewodów z lejkiem zasysającym. Pozwala to maksymalnie przybliżyć się do źródła wydzielania się szkodliwych substancji, i umożliwia łatwe przesunięcie lejka w razie potrzeby. Szerszemu zastosowaniu omawianych urządzeń sprzyja:

- opracowanie nowych materiałów włókninowych, stosowanych podczas filtrowania powietrza wywiewanego i nawiewanego;
- opracowanie udoskonalonych paneli do rozdziału powietrza, pozwalających stwarzać strefy czystego powietrza na ustalonych stanowiskach roboczych.

Z kolei wysokoefektywne metody oczyszczania powietrza pozwalają szerzej stosować recyrkulację wywiewu w wentylowanych pomieszczeniach. Natomiast w wentylacji nawiewno-wywiewnej na większą skalę stosuje się doprowadzanie nawiewanego powietrza do strefy roboczej metodą „zatopienia”.

## **2. Opracowanie udoskonalonych odciągów miejscowych**

W procesie spawalniczym emitowane są substancje szkodliwe: tak zwany aerozol spawalniczy, fluorek wodoru, mangan, tlenek węgla i wiele innych. Źródło wydzielania się tych substancji (łuk spawalniczy) jest bardzo małe. Konwekcyjny strumień gazów nad wykonywanym szwem spawanym i całym nagrzanym wyrobem przechwytuje te substancje i niesie je ze sobą w górę. Temu procesowi towarzyszy intensywne mieszanie się z otaczającym powietrzem. W przypadku braku lokalnej wentylacji wywiewnej szkodliwe substancje nieuchronnie przechodzą przez strefę oddychania spawacza.

Powstający podczas spawania lub cięcia metali aerozol charakteryzuje się bardzo wysokim stopniem dyspersji: ponad 90% cząstek (wagowo) mają prędkość wznoszenia mniejszą niż 0,1 m/s. Dlatego też cząstki aerozolu nie osiadają, a łatwo unoszone są przez strumienie powietrza, prawie tak samo jak gazy.

Przy takim charakterze rozprzestrzeniania się szkodliwych substancji nie sposób zmniejszyć ich stężenie w strefie oddychania na roboczym stanowisku.

sku spawacza lub skrawacza do dopuszczalnych wartości, stosując wyłącznie metody wentylacji nawiewno-wywiewnej. Osiągnąć to można tylko przy pomocy wyciągu miejscowego, czyli przechwytyjąc szkodliwe substancje bezpośrednio przy źródle ich powstawania. Im bliżej źródła będzie usytuowany wyciąg, tym mniejsza objętość odsysanego powietrza zapewni niezawodne przechwytywanie toksycznych substancji.

Konieczność maksymalnego zbliżenia zasysającego lejka do źródła szkodliwych substancji uzasadniona jest aerodynamiką zasysania: już na odległości jednej średnicy otworu (lejka) efekt zasysania staje się znikomy.

Wspomniane wyżej giętkie przewody pozwalają opracować udoskonalone konstrukcje wyciągów. Przystosowane są one do maksymalnego zbliżenia ku źródłom wydzielania się toksycznych substancji oraz łatwego przemieszczania i samodzielnego mocowania w dowolnym punkcie przestrzeni. Jedną z wiodących instytucji opracowujących i produkujących sprzęt tego rodzaju jest Naukowo-produkcyjne Przedsiębiorstwo „Ekojurus-Wento” (Sankt-Petersburg, Rosja), którego wyniki badań i doświadczenia licznych wdrożeń w kraju i zagranicą przedstawione są w niniejszym artykule.

Mobilność i łatwość mocowania leja ssącego zapewnia się dzięki istnieniu w konstrukcji ciernych sprzęgieł i przegubu. Konstrukcja produkowanych urządzeń pozwala wybierać sposób ich mocowania (dolny lub górny).

Różnorodność przemysłowych technologii spawania, a także samych spawanych wyrobów wymagała opracowania dużej ilości różnych konstrukcji lokalnych urządzeń odciągowych. Te urządzenia można sklasyfikować w postaci następujących grup:

- obrotowo-unośne samomocujące urządzenia odciągowe;
- przenośne odciągi z uchwytami;
- odciągi miejscowe wbudowane do sprzętu spawalniczego;
- odciągi miejscowe wbudowane do osprzętu stanowisk roboczych, zautomatyzowanych i zmechanizowanych linii produkcyjnych;
- odciągi miejscowe obsługujące zrobotyzowane instalacje spawalnicze.

Obrotowo-unośne urządzenia odciągowe są najbardziej uniwersalne i stosowane mogą być w każdego rodzaju pracach spawalniczych, zarówno w warunkach stacjonarnych, jak i niestacjonarnych. Takie urządzenie ma lejek odciągowy, któremu może być nadane dowolne położenie w przestrzeni za pośrednictwem przegubów i cięgien. Przy pomocy giętkiego regulowanego rękawa odciąg podłącza się do magistralnego przewodu zcentralizowanej instalacji wywiewnej (rys. 1), bądź do indywidualnego agregatu wentylacyjnego, czy filtrująco-wentylacyjnego (rys. 2).



**Rys. 1.** Ssące ramię obrotowe w składzie zcentralizowanej instalacji wywiewnej  
**Fig. 1.** The rotary-lifting device as a part of the central exhaust system



**Rys. 2.** Urządzenie z ssącym ramieniem obrotowym i z autonomicznym blokiem filtrująco-wentylacyjnym  
**Fig. 2.** The rotary-lifting device with the self-contained filtering&ventilating unit

Wykorzystanie konsoli, węzłów teleskopowych i przegubów pozwala łatwo przemieszczać i ustalać odciąg w optymalnym położeniu. Jeden odciąg może obsługiwać strefę o promieniu do 8 m od miejsca jego podłączenia (np. do przewodu wywiewnego).

Ważnym parametrem charakteryzującym eksploatacyjne walory mobilnego urządzenia wentylacyjnego jest strefa efektywnego przechwytywania szkodliwych substancji, czyli odległość od środka lejka zasysającego, na której efektywność ta wynosi nie mniej niż 80% bez dodatkowego przemieszczenia odciagu w przestrzeni.

W sposób doświadczalny ustalono, iż odległość ta nie powinna przekraczać 300 mm, natomiast minimalna wysokość usytuowania odciagu nad wyrobem, wynikająca z technologii robót spawalniczych, wynosi 400 mm.

W trakcie wykonania robót spawalniczych w trudnodostępnych miejscach (cysterny, zbiorniki z wąskim wjazdem itp.), a także w przypadku spawania konstrukcji o dużych gabarytach optymalnym rozwiązaniem jest stosowanie ssawek z uchwytem magnesowymi.

Urządzenie „Sprut” (rys. 3) składa się z pojedynczej lub podwójnej belki konsolowej, na której umocowany jest giętki rękaw ze ssawką.



**Rys. 3.** Odsysacz z uchwytem magnesowym na belce konsolowej

**Fig. 3.** The device with the magnetic holder on a console beam

W pełni autonomiczne urządzenie „Łań” (rys. 4) składa się z wentylatora, giętkiego rękawa i ssawki, którą można mocować na powierzchni metalowej przy pomocy magnesu bezpośrednio w pobliżu źródła wydzielania się substancji szkodliwych.

W technologii spawania wstępny rozkrój metali wykonuje się przy pomocy maszyn do przecinania gazowego, tlenowego lub plazmowego. W trakcie dalszej obróbki wyrobów wykorzystuje się również przecinanie ręczne.

Procesom termicznego cięcia metali towarzyszy wydzielanie się drobno zdyspergowanych pyłów i gazów. Cząstki o rozmiarze poniżej 5  $\mu\text{m}$  stanowią ok. 98%. Ilość wydzielających się substancji szkodliwych i ich skład zależy od

gatunku przecinanego metalu oraz trybu przecinania i podawane są w literaturze poradniczej.



**Rys. 4.** Odsysacz przestawny z uchwytem magnetycznym i autonomicznym wentylatorem

**Fig. 4.** The device with the magnetic holder and the self-contained fan

Rozprzestrzenianie się powstającego aerozolu podczas przecinania wyznacza strumień gazowy, który chwyta i unosi go ze znaczną prędkością. Te warunki należy uwzględnić dobierając optymalny sposób lokalizowania szkodliwych substancji.

Podczas cięcia blach metalowych na specjalnych stołach zasadniczy schemat przechwytywania aerozolu polega na odsysaniu zanieczyszczonego powietrza z pod przecinanej blachy. Przy takim schemacie pod stołem do ręcznego przecinania znajduje się dość pojemny zbiornik oddzielający pyły w postaci skrzynki podzielonej na sekcje o długości  $1,0 \div 1,5$  m. W ścianie każdej sekcji znajduje się kratka, przez którą wewnątrz sekcji połączone jest z odgałęzieniem magistrali wyciągowej, ułożonej wzdłuż stołu i podłączonej do wentylatora. Każde odgałęzienie wyposaża się w przepustnicę w celu regulacji objętości odsysanego powietrza.

Dla przecięcia maszynowego na liniach produkcji potokowej opracowano szereg konstrukcji odciągów miejscowych, których włączenie roboczych sekcji wykonuje się automatycznie, synchronicznie z ruchem urządzenia i palnika do cięcia.

Optymalną objętość powietrza odsysanego z  $1 \text{ m}^2$  powierzchni ramy do rozkroju ustalono na podstawie badań doświadczalnych. Zalecane są następujące wartości:  $2500 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  – przy cięciu gazowym, oraz  $4000 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  – przy cięciu plazmowym.

Urządzenia odciągów miejscowych mogą być stosowane nie tylko w spawalnictwie, lecz także w technologii wentylowania stanowisk do lutowania. Specjalnie do takich zadań opracowano stołowy wyciąg typu „Gnom” z przepływem odsysanego powietrza  $150 \div 180 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### 3. Oczyszczanie powietrza

Zaostrzenie przepisów sanitarnych w zakresie emisji szkodliwych substancji do atmosfery, w tym pochodzących z procesów spawalniczych, wymaga zastosowania efektywnych sposobów oczyszczania. Wymieniony wyżej nadzwyczajnie mały rozmiar cząstek aerozolu spawalniczego uwarunkowuje konieczność zastosowania filtrów elektrostatycznych.

Zasada ich działania polega na elektrostatycznym osadzaniu naładowanych cząstek na specjalnych kasetach pod napięciem ok. 6 kV. Ładowanie cząstek odbywa się w trakcie przepływu oczyszczanego strumienia powietrza przez kasetę ładującą pod napięciem ok. 12 kV. W celu uniemożliwienia przedostania się do wnętrza grubych cząstek (np. zgorzelin) na wlocie do urządzenia znajduje się wstępny filtr w postaci siatki metalowej o rozmiarze oczka 0,8 mm. Natomiast na wylocie znajduje się filtr wykluczający masowy wyrzut zgromadzonych cząstek do atmosfery.

Filtry elektrostatyczne mogą być wyposażone w dodatkową kasetę z sorbentem-katalizatorem do oczyszczania powietrza z gazowej fazy aerozolu spawalniczego (rys. 5). Urządzenia mają wbudowany wibrator pozwalający wykonywać okresowe oczyszczanie płyt kaset do osadzania, co wydłuża termin efektywnej pracy filtru bez wymiany kaset. Opracowano zarówno stacjonarne urządzenia, jak i mobilne, które można łatwo przemieszczać w pomieszczeniu (zob. rys. 2).



**Rys. 5.** Filtr elektrostatyczny

**Fig. 5.** The electrostatic filter

W ostatnich czasach opracowano i produkuje się także mechaniczne filtry, w których oczyszczanie od aerozolu zachodzi w cylindrycznych gofrowanych elementach.

Natomiast oczyszczanie odsysanego powietrza od aerozólów ołowiu, cyny, cynku i innych drobno zdyspergowanych zanieczyszczeń, w technologiach lutowania można wykonywać przy pomocy produkowanych seryjnie filtrów do stanowisk lutowania FPA (rys. 6).



**Rys. 6.** Filtr FPA do wentylowania stanowisk lutowniczych  
**Fig. 6.** Filter FPA for ventilating of the soldering station

Żeby zapewnić optymalną eksploatację elektrostatycznych filtrów wymagane jest początkowe stężenie aerozolu spawalniczego nieprzekraczające z reguły  $150 \text{ mg/m}^3$ , co na ogół odpowiada parametrom spawania ręcznego.

Jednak nierzadko początkowe stężenie zanieczyszczeń kilkakrotnie przewyższa ten wskaźnik. W tym przypadku należy zastosować wstępny stopień oczyszczania w postaci cyklonu z odśrodkowym zawirowanym strumieniem (rys. 7).

Dwustopniowe oczyszczanie powietrza stosuje się w plazmowych technologiach przecięcia metali, a także w przypadku wykorzystania lokalnej wentylacji odciągowej od spawalniczych agregatów o dużej wydajności, na przykład przy stykowym spawaniu szyn w szynowo-spawalniczych liniach produkcji potokowej.





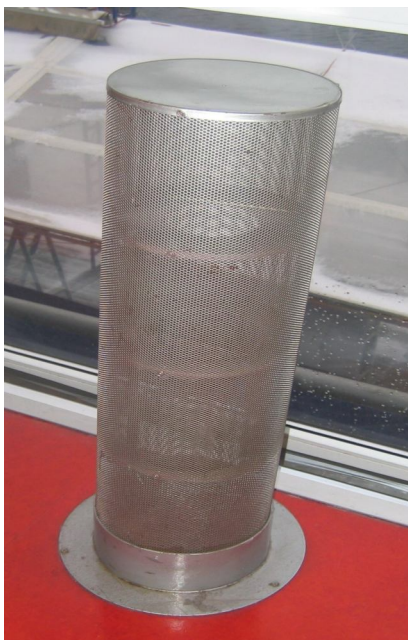
**Rys. 7.** Wirowy odpylacz cyklonowy dla dwustopniowych systemów oczyszczania  
**Fig. 7.** The vortex cyclonic unit for two-level air-cleaning systems

#### 4. Optymalizacja rozdziału powietrza w pomieszczeniach

Optymalna organizacja nawiewu zamyka potrójne zagadnienie wentylacji. Jeśli urządzenia do odciągania zanieczyszczonego powietrza odprowadzają go na zewnątrz, to potrzebne jest uzupełnienie tej ilości powietrza nawiewem, z podgrzaniem w zimnym okresie roku. Zauważmy, iż powietrze powinno być nawiewane z małą prędkością, która by zapewniła jego ruch w strefie roboczej z prędkością nie większą niż 0,3 m/s.

Taki rozdział powietrza może być osiągnięty przy pomocy niskopryśkościowych urządzeń nawiewnych typu VV (rys. 8). Ich konstrukcja stanowi połączenie znanego przyściennego płaskiego rozdzielacza powietrza z przewodem perforowanym. Wykończenie powierzchni rozdzielacza i jego wygląd pozwala wykorzystywać go nie tylko w instalacjach pomieszczeń produkcyjnych,

lecz także w foyer, restauracjach, poczekalniach dworców i portów lotniczych i w wielu innych rozwiązaniach projektowych.



**Rys. 8.** Urządzenie do dopływu powietrza działające na zasadzie „zatapiania”

**Fig. 8.** Supply air outlet, working by “a flooding” principle

Rozdzielacze powietrza VV przystosowane są do realizacji zasady „wypierającej” wentylacji, której istota polega na zatopieniu strefy przebywania ludzi świeżym nawiewanym powietrzem.

Wykorzystanie przedstawionych w artykule technologicznych rozwiązań optymalnego wentylowania pomieszczeń, a także sprzętu wentylacyjnego służącego do ich skutecznej realizacji w przemyśle będzie sprzyjać rozwiązywaniu problemów ekologicznych, higienicznych jak i ekonomicznych. Problemy te stawiają wysokie wymagania, mobilizując specjalistów branży grzewczo-wentylacyjnej, inwestorów, projektantów oraz specjalistów w wykonawstwie i eksploatacji.

## 5. Wnioski

Jak wiadomo, głównym technologicznym celem wentylacji w pomieszczeniach produkcyjnych jest przestrzeganie sanitarnych wymagań stawianych jakości powietrza bezpośrednio na stanowisku roboczym. Ale wentylacja na-

wiewno-wywiewna w wielu przypadkach nie potrafi tego zapewnić, czego charakterystycznym przykładem tego jest spawalnictwo. Badania statystyczne świadczą o gwałtownym wzroście zawodowej zachorowalności w spawalnictwie.

Jednym z wysokoefektywnych rozwiązań w tym zakresie jest zastosowania samomocujących, giętkich przewodów z lejkiem zasysającym. Pozwala to maksymalnie przybliżyć się do źródła wydzielania się szkodliwych substancji, i umożliwia łatwe przesunięcie lejka w razie potrzeby. Wyniki wieloletnich badań i wdrażania tego typu rozwiązań udowadniają możliwość skutecznego i stałego zapewnienia czystości powietrza na stanowisku roboczym.

Poza doskonaleniem odciągów miejscowych przedstawiono również opracowania w zakresie oczyszczania powietrza i optymalizacji rozdziału powietrza w pomieszczeniach wentylowanych.

## **Ventilation and Air Clearing in Welding Engineering**

### **Abstract**

The main technological aim of ventilation in production rooms is keeping sanitary requirements for air quality directly at working stand. Intake and uptake ventilation in many cases is not able to assure this. Welding is a characteristic example of that.

The technological process of welding in the small degree is suitable to automation, that is why the hand work is still applied in most cases. Welder is in direct contact with harmful substances for human health emitted in such solution. Statistical analysis proves violent growth of professional morbidity in welding technology, for example the number professional illnesses among electro-welders during last 15÷20 years grew up almost twice. According to this coefficient profession of welder moves on one of front places. The main cause of the growing number of illnesses is insufficient efficiency of installation of local hoods or their lack.

Application of self-mounting, flexible conductors with a funnel suction is one of highly efficient solutions in this range. It allows maximally get closer to source of harmful substances emission, and easily shift of funnel to a new place of welding. Results of long term investigations and application of such type of solutions prove possibility of effective and constant assurance of cleanness of the air on the working stand.

Solutions in the range of air cleaning and optimization of air separation in ventilated enclosures were also introduced apart from improvement of local hoods.

Utilization of introduced in the paper technological solutions of optimal enclosures ventilation, and also ventilation equipment used for their effective realization in the industry will favour solving ecological, hygienic problems and economic problems. These problems place high requirements, mobilizing experts of heating and ventilation branch, investors, designers and experts in contraction and exploitation.

