

## Analiza strat ciepła w wyniku odpylania podczas procesu obróbki ścierniej

Analysis of heat loss due to dust extraction during the abrasive process

PIOTR NIKOŃCZUK  
TOMASZ KRÓLIKOWSKI  
ŁUKASZ RYPINA

Podczas prac renowacyjnych powłok lakierniczych pojazdów samochodowych obróbki szlifierskie stanowią do 70% sumarycznego czasu prac w lakierni. W artykule przedstawiono problematykę strat energii cieplnej podczas procesu odpylania podczas obróbki ścierniej. Zawarto również krótką analizę przypadku strat energii cieplnej na stanowiskach przygotowawczych w branży lakierniczej, które przeznaczone są również do obróbki ścierniej podczas lakierniczych prac.

**SŁOWA KLUCZOWE:** szlifowanie, lakiernictwo, ciepło.

*During the renovation of vehicles' grinding works take up to 70% of the total time of all works in the paint shop. The paper presents the problem of heat loss during the process of extraction during abrasive machining. A paper also contains a briefcase study of heat loss at the refinishing prep station, which is also intended for abrasive machining during renovation works.*

**KEYWORDS:** grinding process, refinishing, heat.

### Obróbka ścierna w lakiernictwie

Prace szlifierskie w lakiernictwie renowacyjnym odbywają się w przeznaczonych do tego stanowiskach przygotowawczych. Prace szlifierskie w branży lakierniczej obejmują przede wszystkim:

- usuwanie pozostałości starych powłok lakierniczych,
- oczyszczanie z rdzy części nadwozia,
- szlifowanie połączeń spawalniczych,
- szlifowanie szpachlówki.

Szacuje się, że podczas renowacyjnych napraw powłok lakierniczych samochodów obróbki szlifierskie stanowią do 70% sumarycznego czasu prac w lakierni [8]. Przeważającą część tych prac obejmuje szlifowanie szpachli.

W trakcie procesu obróbki ścierniej powstaje spora ilość pyłu. Jest to produkt uboczny, jego masa jest równoważna sumie mas zdejmowanej warstwy materiału oraz zużytej warstwy ściernicy. Zazwyczaj zapylenie środowiska pracy operatora jest na tyle duże, że może stanowić zagrożenie dla zdrowia. W tym celu oprócz środków ochrony osobistej (masek) stosuje się odpylanie miejscowe lub przystosowane do tego typu operacji stanowiska lub pomieszczenia (komory). Podczas odciągu powietrza ze strefy, w której przebiega proces obróbki ścierniej odciągane powietrze jest uzupełnianie przez wentylator nawiewny lub też poprzez inne źródła powietrza (otwory nawiewne lub nieszczelności w budynku). Wolumen kubatury wymienianego powietrza jest uzależniony przede wszystkim od intensywności zapylenia w trakcie procesu obróbki [6], [10].

### Odpylanie podczas obróbki ścierniej w lakiernictwie

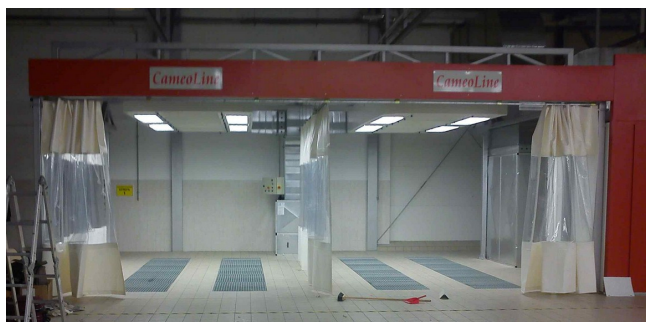
Istnieje na rynku kilka rozwiązań konstrukcyjnych stanowisk przygotowawczych. Najprostsze rozwiązanie stanowiska przygotowawczego stanowi wentylator wywiewny, wyciągający powietrze poprzez kratownicę w podłodze oraz filtr typu paint stop. Dodatkowymi elementami są lampy oświetleniowe oraz kotary. Stanowisko takie przedstawiono na rysunku 1.

\* dr inż. Piotr Nikończuk [Piotr.Nikonczuk@zut.edu.pl](mailto:Piotr.Nikonczuk@zut.edu.pl)  
prof. nadzw. dr hab. inż. Tomasz Królikowski  
([tomasz.krolikowski@tu.koszalin.pl](mailto:tomasz.krolikowski@tu.koszalin.pl))  
mgr inż. Łukasz Rypina ([lukasz.rypina@tu.koszalin.pl](mailto:lukasz.rypina@tu.koszalin.pl))



Rys. 1 Podwójne stanowisko przygotowawcze z odciąganiem bez nawiewu (fot. Techniki Systemów Aplikacyjnych Sp. zo.o.)

Oprócz tego istnieją również stanowiska przygotowawcze z zawieszonym nad stanowiskiem plenum. Zadaniem plenum jest doprowadzanie powietrza. Powietrze z plenum jest doprowadzane z zewnątrz lub znajduje się w obiegu zamkniętym tj. odciągane z dołu powietrze jest oczyszczane za pomocą filtrów oraz nawiewane powrotem za pośrednictwem plenum. Na rysunku 2 przedstawiono rozwiązanie z plenum gdzie powietrze jest w recyrkulacji, to znaczy odciągnięte powietrze po oczyszczeniu jest ponownie nawiewane. Rozwiązanie stanowiska przygotowawczego z częścią nawiewną konstrukcyjnie i funkcjonalnie przypomina pozbawioną ścian kabinę lakierniczą, pracującą w trybie recyrkulacji [2] bez ogrzewania ale za to oczyszczanego powietrza znajdującego się w recyrkulacji.



Rys. 1 Stanowisko przygotowawcze z plenum nawiewnym (fot. Kaczyński Service Wojciech Konrad Kaczyński)

### Straty ciepła w hali

W stanowiskach przygotowawczych dla napraw lakierniczych pojazdów samochodowych kubatura odciąganego powietrza potrafi sięgać 20 000 m<sup>3</sup>/h. Tak duża objętość powietrza może stanowić spory udział w ogólnej objętości hali, w której ulokowane jest stanowisko przygotowawcze. W przypadku stanowisk przygotowawczych z wentylatorem wywiewnym bez części nawiewnej w okresie zimowym zazwyczaj wiąże się to z zauważalnym w często znacznym obniżeniem temperatury wewnątrz hali. Utratę ciepła wynikającą z wymiany powietrza za pomocą stanowiska można zapisać w postaci równania [6]:

$$Q = \int k_g \dot{V} \Delta T dt \quad (1)$$

w której:  $Q$  – ciepło utracone z wyrzucanym powietrzem [kcal],  $k_g$  – współczynnik gęstości ciepła właściwego gazu,

$\dot{V}$  – strumień masy wyrzucanego powietrza [m<sup>3</sup>/h],  $\Delta T$  – różnica temperatur powietrza wyrzucanego i czerpanego z zewnątrz.

Współczynnik gęstości ciepła właściwego gazu  $k_g$  związany jest z właściwościami fizykochemicznymi danego gazu:

$$k_g = c_p \rho \left[ \frac{\text{kcal}}{^\circ\text{Cm}^3} \right] \quad (2)$$

gdzie:  $c_p$  – ciepło właściwe [kcal/(kg °C)],  $\rho$  – gęstość gazu [kg/m<sup>3</sup>].

Ciepło właściwe powietrza wynosi:

$$c_p = 0,240 \left[ \frac{\text{kcal}}{^\circ\text{Cm}^3} \right] \quad (3)$$

Natomiast gęstość powietrza dla 760 mm Hg wynosi:

$$\rho = 1,293 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (4)$$

Przy powyższych parametrach oraz wydatku wentylatora na poziomie 20 000 [m<sup>3</sup>/h] dla stanowiska przygotowawczego bez recyrkulacji powietrza przy różnicy temperatury pomiędzy halą a otoczeniem na zewnątrz hali  $\Delta T = 1^\circ\text{C}$  straty ciepła wewnątrz hali wynoszą:

$$Q = 7,22 \left[ \frac{\text{kW}}{\text{h}} \right] \quad (5)$$

Wielkość strat ciepła jest związana z temperaturą panującą na zewnątrz budynku i związane jest z warunkami klimatycznymi, zarówno w danym kraju jak i z jego regionem [10, 9]. W krajach północnych ma to jednak dość duży rozmiar. W ekstremalnych warunkach zimowych gdy różnica temperatur wynosi  $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ , to znaczy gdy temperatura wewnątrz hali utrzymywana jest na poziomie komfortowym 20°C natomiast temperatura na zewnątrz wynosi -20°C wówczas utrata ciepła wyniesie:

$$Q = 288,67 \left[ \frac{\text{kW}}{\text{h}} \right] \quad (6)$$

Tak duża utrata ciepła wewnątrz hali może prowadzić do obniżenia komfortu pracy oraz podwyższenie kosztów eksploatacji budynku. Koszty eksploatacji lakierni można zminimalizować stosując odzysk ciepła za pomocą rekuperatorów, podobnie jak w kabinach lakierniczych [1, 3].

Konstrukcja rekuperatorów powinna zapewnić jak największą powierzchnię wymiany ciepła pomiędzy strumieniami powietrza wyrzucanego oraz nadmuchiwanego. Taka konstrukcja prowadzi do sporej ilości niewielkich kanałów przez które przechodzą strumienie powietrza. Rozmiary oraz ilości tych kanałów powinny zapewnić maksymalnie duży odzysk ciepła oraz nie stanowić zbyt dużych oporów przepływu powietrza. Najczęściej spotyka się rekuperatory krzyżowe oraz przeciwprądowe.

Bardzo często zdarza się że na stanowisku przygotowawczym odbywa się również natryskowe nakładanie szpachli. Może to prowadzić do spadku sprawności odzysku ciepła, oraz zanieczyszczania rekuperatorów, podobnie jak w przypadku kabin lakierniczych [1, 3]. Analogiczna sytuacja jak w kabinach lakierniczych może doprowadzać do zaklejenia się rekuperatorów.

### Podsumowanie

Odpylenie podczas prac szlifierskich jest niezbędne ze względów bezpieczeństwa ludzi i maszyn. W branży lakierniczej strumień masy odciąganego powietrza jest na tyle duży że wręcz wymagany jest odzysk ciepła w przypadku gdy powietrze nie znajduje się w recyrkulacji. W okresie zimowym podczas silnych mrozów rozmiar strat ciepła wynikającego z pracy stanowiska przygotowawczego może sięgnąć nawet 300 kW/h. Taki deficyt ciepła przemawia za tym aby w stanowiskach przygotowawczych bez recyrkulacji stosować odzysk ciepła. Należy jednak rozważyć możliwość

powstawania osadów wewnątrz rekuperatora. Ważnym parametrem rekuperatora jest również powierzchnia wymiany ciepła zapewniająca odpowiednią sprawność odzysku ciepła. Podobnie jak w przypadku kabin lakierniczych, użytecznym narzędziem podczas projektowania instalacji odciągów z odzyskiem ciepła jest modelowanie i symulacja CFD [5, 7].

W lakiernictwie podczas prac obróbki ścierniej stosuje się również szlifierki z odciągami zapewniające odprowadzanie większości pyłów bezpośrednio za pomocą narzędzia szlifierskiego [8, 9], co minimalizuje zapylenie stanowiska pracy w znacznym stopniu. Zaniecha się wtedy stosowania odciągów ze stanowiska przygotowawczego i ogranicza się do masek, jednak nie zapewnia całkowitego odpylenia.

#### LITERATURA

1. Nikończuk P., Odzysk ciepła w kabinach lakierniczych, *Auto Moto Serwis*, nr 9/2011, str. 40-43
2. Nikończuk P., *Rozwiązania elementów wentylacji kabin lakierniczych*, *Auto Moto Serwis*, nr 3/2012, str. 28-30
3. Nikończuk P., *Study of Heat Recovery in Spray Booths*, *Metal Finishing Vol. 111 (6)* p. 37-39
4. Nikończuk P., Królikowski T., Rypina Ł., Stempnakowski Z., Wstępna analiza korzyści z zastosowania innowacyjnego rozwiązania odzysku ciepła w kabinach lakierniczych, *Logistyka* nr. 3/2014
5. Nikończuk P., Królikowski T., Rypina Ł., Sugalski K., *Ogólne założenia modelu symulacyjnego kabiny lakierniczej*, *Logistyka* nr. 3/2014
6. Recknagel-Sprenger, *Ogrzewanie i klimatyzacja*, ARKADY, Warszawa 1976
7. Rypina Ł., Baran J., Królikowski T., Nikończuk P., Metoda postępowania w procesie projektowania z wykorzystaniem narzędzi do wspomaganie projektowania CAD/CAM/CAE – studium przypadku, *Logistyka* nr. 3/2014
8. Sobierajska G., Neumann Z., *Lakiernictwo samochodowe*, Wydanie 3 poprawione, SIMP-ZORPOT w Szczecinie, Szczecin 2006
9. Weinhuber K., Auer K. *Podstawy lakiernictwa samochodowego*, Wydanie I, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010
10. Zajączkowski J., *Odpylenie w przemyśle*, ARKADY, Warszawa 1971
11. <http://www.klimatyzacja.pl>
12. [www.cameoline.pl](http://www.cameoline.pl)