

PRACE POGLĄDOWE

Marcin Cyprowski

Anna Kozajda

Katarzyna Zielińska-Jankiewicz

Irena Szadkowska-Stańczyk

SZKODLIWE DZIAŁANIE CZYNNIKÓW BIOLOGICZNYCH UWALNIANYCH PODCZAS PROCESÓW OBRÓBKI METALI Z UŻYCIEM CHŁODZIWIW*

HARMFUL IMPACT OF BIOLOGICAL AGENTS RELEASED AT METALWORKING

Z Zakładu Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia

Instytutu Medycyny Pracy im. prof. dra med. J. Nofera w Łodzi

STRESZCZENIE

Podczas obróbki powierzchniowej metali temperatury ostrza skrawającego mogą dochodzić nawet do 700°C, co może niekorzystnie wpływać na stany wierzchniej warstwy obrabianego metalu jak i samego ostrza. W celu obniżenia temperatury podczas pracy maszyn obróbkowych stosowane są ciecz obróbkowe. Do najczęściej stosowanych w przemyśle należą emulsje wodno-olejowe stanowiące mieszaniny koncentratów olejów mineralnych, różnego rodzaju dodatków oraz wody. Obecność wody i substancji organicznych powoduje, że w chłodziwach mogą rozwijać się mikroorganizmy. Często odnotowywanym czynnikiem są także endotoksyny bakteryjne. Przy szybkich obrotach maszyn obrabiających czynniki biologiczne emitowane są w postaci bioaerozolu kropelkowego, który wdychany jest przez pracowników i może powodować niekorzystne efekty zdrowotne, głównie ze strony układu oddechowego. Do chwili obecnej stwierdzono w chłodziwach występowanie ponad 130 gatunków bakterii (w tym chorobotwórczych), grzybów pleśniowych oraz drożdży.

W pracy dokonano przeglądu wyników badań dotyczących szkodliwego oddziaływania czynników biologicznych obecnych w chłodziwach stosowanych przy obróbce metali. Przedstawiono dane opisujące wielkość narażenia na mgłę olejową, bakterie i endotoksyny, a także omówiono liczne skutki zdrowotne, które są wynikiem przebytej ekspozycji. Wskazują one, że do najczęściej zgłaszanych objawów chorobowych należą: kaszel z odszkuszaniem, świszczący oddech, ucisk w klatce piersiowej oraz podrażnienie gardła. Wśród zdiagnozowanych jednostek chorobowych należy przede wszystkim wymienić: przewlekłe zapalenie oskrzeli, astmę, alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych, a także występowanie ostrych zmian w funkcjonowaniu układu oddechowego objawiające się obniżeniem wartości FEV₁. Wśród głównych schorzeń dermatologicznych wymienia się: trądzik olejowy, infekcje bakteryjne i grzybicę rąk, a także reakcje alergiczne.

Oceniono, że w Polsce narażenie zawodowe na czynniki biologiczne pracowników mających kontakt z chłodziwami do obróbki metali jest mało poznane. Med. Pr., 2006;57(2):139–147

Słowa kluczowe: obróbka metali, chłodziwa, narażenie zawodowe, bakterie, endotoksyny, skutki zdrowotne

ABSTRACT

In metalworking, the temperature of the cutting edge can reach 700°C, which can adversely affect either the surface of the metal processed or the cutting edge itself. To reduce the heat and friction, the metalworking fluids and coolants are used. The most common are the oil-in-water emulsions, which are a mixture of concentrated mineral oils, different additives, and water. The presence of water and organic substrates generates conditions for microbial growth. Bacterial endotoxins can also be frequently detected in metalworking fluids. Rapid rotation of the metalworking tools makes various biological agents to be released as droplet bioaerosols that can be inhaled by the workers, thus producing adverse health effects, mainly on the respiratory system. More than 130 species of bacteria (including pathogens), moulds and yeasts have so far been found in the metalworking fluids and coolants.

This paper summarizes the outcomes of projects on the impact of biological agents present in metalworking fluids. Exposure to oil mist, bacteria and endotoxins as well as the variety of health effects resulting from that exposure have been discussed. The findings indicate that the most frequent symptoms reported by the workers include cough with phlegm, wheezing breath, chest tightness and throat irritation. The most common among the diagnosed diseases are chronic allergic bronchitis, asthma, hypersensitivity pneumonitis and acute respiratory dysfunction indicated by decreased FEV₁ values. The main skin diseases include oil acne, bacterial infections, dermatomycosis and allergic reactions. The review made the authors conclude that the problem of occupational exposure to biological agents released with coolants during metalworking has not been well recognized in Poland. Med Pr 2006;57(2):139–47

Key words: metalworking, coolants, occupational exposure, bacteria, endotoxins, health effects

Adres autorów: św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: marc@imp.lodz.pl

Nadesłano: 14.03.2006

Zatwierdzono: 27.03.2006

* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 3.1 pt. „Ocena ekspozycji na czynniki biologiczne występujące przy obróbce metali i ich wpływ na funkcjonowanie układu oddechowego pracowników narażonych”. Kierownik zadania: mgr M. Cyprowski.

WSTĘP

Obróbką powierzchniową metali można określić wszelkie operacje technologiczne, mające na celu otrzymanie z kształtki metalu zamierzonej części wyrobu, poprzez usunięcie nadmiaru materiału narzędziami skrawającymi.

Podczas tych procesów emitowane są duże ilości energii cieplnej, które w 80% pochłania skrawany wiór. Wysokie temperatury ostrza skrawającego, dochodzące nawet do 700°C mogą być przyczyną jego przyspieszonego zużycia, a także mogą niekorzystnie wpływać na stany warstwy wierzchniej obrabianej części metalu. Aby uniknąć powstawania tego typu niepożądanych efektów konieczne jest obniżenie temperatury ostrzy oraz powierzchni obrabianego materiału. W tym celu stosowane są cieczki do obróbki metali zwane też cieczkami obróbczymi lub cieczkami chłodziwo-smarującymi (ang. metalworking fluids – MWF) (1). Do najczęściej stosowanych należy zaliczyć emulsje wodno-olejowe, mineralne oleje obróbcze, a także cieczki syntetyczne.

Obecność wody i substancji organicznych powoduje, że w chłodziwach mogą rozwijać się mikroorganizmy: bakterie (w tym chorobotwórcze), grzyby nitkowe, grzyby pleśniowe, drożdże. Często odnotowywanym czynnikiem są endotoksyny bakteryjne – produkty rozpadu ściany komórkowej bakterii Gram-ujemnych. Mając na uwadze fakt, że chłodziwa są zwykle podawane na powierzchni obrabianych metali pod ciśnieniem i przy szybkich obrotach maszyny, obecne drobnoustroje są emitowane w postaci bioaerozolu kropelkowego, który jest wdychany przez pracowników i może powodować niekorzystne efekty zdrowotne, głównie ze strony układu oddechowego.

CZYNNIKI BIOLOGICZNE WYSTĘPUJĄCE W CHŁODZIWAH DO OBRÓBKI METALI

Obecność w cieczkach obróbczych węglowodorów, podstawowego źródła węgla potrzebnego dla rozwoju drobnoustrojów, a także innych substancji organicznych (tłuszcze czy estry), pierwiastków (azot, fosfor) oraz wody sprzyja rozwojowi mikroorganizmów. Na zanieczyszczenie cieczy obróbczych ma także wpływ temperatura w przedziale 20–30°C oraz pH w przedziale 6–8,5. Bakterie preferują górny zakres tego przedziału, natomiast grzyby dolny (1).

Intensywność procesów biologicznych w chłodziwach zależy od składu chłodziwa i warunków użytkowania. Najczęściej rozwój mikroflory towarzyszy użytkowaniu emulsji wodno-olejowych, gdzie drobnoustroje znajdują najlepsze warunki dla swojego roz-

woju. Rzadziej są one spotykane w olejach obróbczych, chociaż i tam może znajdować się woda pochodząca np. z kondensacji pary wodnej. W cieczkach syntetycznych rozwój mikroorganizmów jest zwykle bardzo powolny lub całkowicie wyhamowany.

Bakterie tlenowe z rodzaju *Pseudomonas* są uznawane jako mikroorganizmy dominujące w cieczkach obróbczych (2–5). Te Gram-ujemne, psychrofilne bakterie są zdolne do wykorzystywania wszystkich organicznych składników obecnych w chłodziwach poprzez utlenianie alkanów do kwasów tłuszczowych, beta utlenianie kwasów tłuszczowych, dezaminowanie amin, hydrolizowanie produktów sulfonowania przy rafinacji ropy i rozkład inhibitorów korozji. Pałeczki z rodzaju *Pseudomonas*, obniżając pH oraz wykorzystując dostępny tlen, przygotowują środowisko dla innych mikroorganizmów, takich jak bakterie beztlenowe, grzyby i drożdże. Według dostępnych danych liczby bakterii tlenowych oznaczonych w cieczkach obróbczych w polskich fabrykach przemysłu maszynowego wahały się od $2,0 \cdot 10^2$ do $1,1 \cdot 10^8$ JTK/mL chłodziwa (2). Zwykle dominowały jednak stężenia 10^7 JTK/mL.

Bakterie beztlenowe z rodzaju *Clostridium*, realizując procesy metabolizmu na drodze fermentacji, odpowiadają za degradację mikrobiologiczną emulsji olejowych. Zjawisko to może występować szczególnie podczas przestojów w pracy, np. w czasie weekendów.

Wśród najczęściej rozpoznawanych rodzajów wymienia się przede wszystkim *Aspergillus*, *Candida* oraz *Fusarium*. Ilości wyodrębnionych grzybów pleśniowych w chłodziwach mieszczą się w zakresie od $1,0 \cdot 10^2$ do $3,0 \cdot 10^4$ JTK/mL chłodziwa, zaś stężenia drożdży były na poziomie ok. 10^4 JTK/mL (2).

W tabeli 1 przedstawiono listę ponad 130 mikroorganizmów (bakterii i grzybów) wyizolowanych z cieczy obróbczych. Zdecydowaną większość stanowią bakterie i grzyby należące, wg rozporządzenia Ministra Zdrowia o czynnikach biologicznych w miejscu pracy (6), do pierwszej grupy ryzyka, niestwarzające zagrożenia dla ludzi. Potwierdzona została także obecność drobnoustrojów mogących stanowić potencjalne źródło chorób dla człowieka, kwalifikowanych według tej klasyfikacji do grupy ryzyka 2, a nawet 3. W literaturze odnotowane są przykłady występowania w chłodziwach ewidentnych patogenów, takich jak bakterie z rodzaju *Salmonella*, czy *Shigella*, a także innych bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, będących patogenami oportunistycznymi, jak *Proteus vulgaris*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacae* czy *Escherichia coli* (2,7,8).

Rozwój drobnoustrojów w chłodziwach może być zahamowany przez dodanie biocydów. Środki biobójcze powodują najczęściej zmniejszenie liczby drobnoustrojów o około 2–3 rzędy wielkości, jednak po okresie kilku tygodni odporne bakterie, szczególnie z rodzaju *Pseudomonas* ponownie zaczynają rozwijać się intensywnie pomimo dalszego dodawania biocydów (4,5,7).

Ważnym czynnikiem biologicznym, stwierdzanym w chłodziwach do obróbki metali, są endotoksyny bakteryjne (lipopolisacharydy, LPS). W chwili obecnej bez bardziej szczegółowych badań trudno jest określić, kiedy chłodziwa zawierają najwięcej endotoksyn. Zwykle ich wysokie stężenia związane są z dużą liczbą bakterii Gram-ujemnych (11), jednak takie zależności nie są regułą, gdyż wysokie stężenia endotoksyn mogą być wynikiem użycia biocydów. W wyniku lizy komórek bakte-

ryjnych do środowiska uwalniają się w dużych ilościach lipopolisacharydy, które odznaczają się wysoką trwałością, przez co są trudne do wyeliminowania z chłodziwa (12). Odnotowane w licznych badaniach stężenia endotoksyn w chłodziwach do obróbki metali charakteryzuje szeroki przedział zmienności. W Wielkiej Brytanii w 154 próbach chłodziw stwierdzono, iż najwyższe stężenie osiągnęło poziom $1,87 \cdot 10^6$ EU/mL (12). W Kanadzie w 140 próbach cieczy obróbczych z 19 zakładów metalowych stężenia były w zakresie $1,10\text{--}3,46 \cdot 10^5$ EU/mL (13). Zbliżone wartości stwierdzono w innym badaniu w zakładzie zatrudniającym 900 pracowników, gdzie wartości te mieściły się w przedziale od 39 do $1,66 \cdot 10^5$ EU/mL. Najwyższe stężenia były obserwowane w czasie szybkiego rozwoju bakterii Gram-ujemnych, kiedy ich liczba przekraczała 10^6 JTK/mL (11).

Analiza chłodziw przeprowadzona w Finlandii (14) pozwoliła ocenić wpływ zastosowanego środka biobójczego – triazyny – na występowanie endotoksyn. Monitorowanie cieczy obróbczych przez 8 miesięcy wykazało, że stężenia endotoksyn gwałtownie wzrastały, kiedy poziom biocydu obniżał się poniżej 500 ppm. Wzrost ten następował po 4 miesiącach od rozpoczęcia pracy z nowym chłodziwem, a poziom maksymalny 20 000 ng/mL (ok. $2 \cdot 10^5$ EU/mL) został osiągnięty w 7 miesiącu jego użytkowania. Przy poziomach triazyny 500–2500 ppm stężenia endotoksyn utrzymywały się w zakresie od 200 do 400 ng/mL.

Tabela 1. Mikroorganizmy występujące w cieczach chłodziwo-smarujących w podziale na grupy ryzyka wg rozporządzenia Ministra Zdrowia (2,5,7–10)

Drobnoustroje	Grupa ryzyka
<p>Bakterie: <i>Achromobacter parvulus</i>, <i>Achromobacter</i> sp., <i>Acinetobacter genospecies</i>, <i>A. johnsonii</i>, <i>Actinobacillus lignieresii</i>, <i>Aerobacter</i> sp., <i>A. aerogenes</i>, <i>A. cloacae</i>, <i>Aerococcus</i> sp., <i>A. viridans</i>, <i>Aeromonas</i> sp., <i>A. caviae</i>, <i>A. salmonicida</i>, <i>A. sobria</i>, <i>Alcaligenes</i> sp., <i>A. matalcaligenes</i>, <i>A. xylosoxydans</i>, <i>Bacillus</i> sp., <i>B. cereus</i>, <i>B. pumilus</i>, <i>Burkholderia vietnamiensis</i>, <i>Chromobacterium violaceum</i>, <i>Citrobacter amalonaticus</i>, <i>C. koseri</i>, <i>C. diversus</i>, <i>C. freundii</i>, <i>Comamonas</i> sp., <i>Desulfovibrio</i> sp., <i>Diplococcus pneumoniae</i>, <i>Escherichia freundii</i>, <i>E. intermedium</i>, <i>Flavobacterium</i> sp., <i>F. ferrugineum</i>, <i>Legionella feelei</i>, <i>L. bozemanii</i>, <i>Leptothrix</i> sp., <i>Macrocococcus caseolyticus</i>, <i>Micrococcus</i> sp., <i>M. citreus</i>, <i>Moraxella catarrhalis</i>, <i>Mycobacterium abscessus</i>, <i>Neisseria mucosa</i>, <i>Nocardia</i> sp., <i>Ochrobactrum anthropi</i>, <i>Oligella urethralis</i>, <i>Paracolonobacterium</i> sp., <i>Proteus morgani</i>, <i>P. rettgeri</i>, <i>Pseudomonas</i> sp., <i>P. acidovorans</i>, <i>P. alcaligenes</i>, <i>P. desmolytica</i>, <i>P. fluorescens</i>, <i>P. marginalis</i>, <i>P. mendocina</i>, <i>P. oleovorans</i>, <i>P. ovalis</i>, <i>P. pseudocalcaligenes</i>, <i>P. putida</i>, <i>P. putrefaciens</i>, <i>P. rathonis</i>, <i>P. rubescens</i>, <i>P. stutzeri</i>, <i>P. vesicularis</i>, <i>P. fulva</i>, <i>Rhodococcus fascians</i>, <i>Rothia dentocariosa</i>, <i>Sarcina</i> sp., <i>Serratia liquefaciens</i>, <i>Shewanella purefaciens</i>, <i>Staphylococcus epidermidis</i>, <i>S. albus</i>, <i>S. citreus</i>, <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>, <i>Streptobacillus</i> spp., <i>Vibrio metschnikovii</i></p> <p>Grzyby: <i>Acremonium</i> sp., <i>Aspergillus candidus</i>, <i>A. flavus</i>, <i>A. oryzae</i>, <i>A. parasiticus</i>, <i>A. niger</i>, <i>Candida</i> sp., <i>C. humicola</i>, <i>C. obtusa</i>, <i>C. pseudotropicalis</i>, <i>C. stelatoidea</i>, <i>Cephalosporium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Fusarium solani</i>, <i>Geotrichum</i> sp., <i>Gliomastix</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>P. canescens</i>, <i>P. citrinum</i>, <i>Rhodotorula rubra</i>, <i>Trichoderma</i> sp., <i>Trichosporon</i> sp.</p>	1
<p>Bakterie: <i>Acinetobacter calcoaceticus</i>, <i>Aeromonas hydrophila</i>, <i>Alcaligenes faecalis</i>, <i>Bacillus subtilis</i>, <i>Bordetella bronchiseptica</i>, <i>Clostridium</i> sp., <i>Corynebacterium</i> sp., <i>Enterobacter aerogenes</i>, <i>E. agglomerans</i>, <i>E. cloacae</i>, <i>Escherichia coli</i>, <i>Klebsiella pneumoniae</i>, <i>Legionella</i> sp., <i>L. pneumophila</i>, <i>Morganella morgani</i>, <i>Mycobacterium chelonae</i>, <i>M. avium</i>, <i>Pantoea agglomerans</i>, <i>Proteus mirabilis</i>, <i>P. vulgaris</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, <i>Salmonella</i> sp., <i>Shigella</i> sp., <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Streptococcus</i> sp., <i>S. pyogenes</i>, <i>Vibrio</i> sp., <i>V. cholerae</i></p> <p>Grzyby: <i>Aspergillus fumigatus</i>, <i>Candida albicans</i>, <i>C. tropicalis</i></p>	2
<p>Bakterie: <i>Salmonella typhi</i></p>	3

CZYNNIKI SZKODLIWE WYSTĘPUJĄCE W POWIETRZU NA STANOWISKACH PRACY ORAZ SKUTKI ZDROWOTNE NARAŻENIA

Oleje do obróbki metali mogą przenikać do ustroju człowieka poprzez drogi oddechowe, nieszkodzoną skórę oraz z przewodu pokarmowego. Z punktu widzenia higieny przemysłowej najistotniejsze znaczenie ma wchłanianie olejów drogą oddechową. Wchłanianie przez skórę jest zwykle zbyt małe, aby wywołać zatrucie ogólnoustrojowe, jednak bezpośredni kontakt olejów ze skórą może prowadzić do jej częstych schorzeń, podrażnień i alergii. Wchłanianie drogą pokarmową jest zwykle sporadyczne (15).

W wielu badaniach wykazywano, że głównym czynnikiem determinującym występowanie niepożądanych skutków zdrowotnych jest poziom stężenia olejów w powietrzu. Ilość mgły olejowej w miejscu pracy zależy od rodzaju procesu, w którym wykorzystywane są chłodziwa, a także od odległości od pracującej maszyny oraz zastosowanych osłon. Badania zarówno krajowe

jak i zagraniczne wskazują, że najwyższe stężenia aerozoli olejowych towarzyszą procesom, gdzie są stosowane wysokie prędkości obrotów. Do takich procesów należy szlifowanie. Zespół badaczy CIOP przeprowadził w 2000 r. ocenę narażenia zawodowego na oleje mineralne (16), z której wynika, że przy szlifierkach stężenia były w zakresie 2,64–6,60 mg/m³ i były 2-krotnie wyższe niż przy innych procesach, takich jak obrabianie metali, czy walcowanie. W badaniach przeprowadzonych w Stanach Zjednoczonych (12) wyniki były bardzo zbliżone. Najniższe stężenia zaobserwowano przy procesie cięcia metali (0,61 mg/m³), zaś najwyższe przy szlifowaniu (13,22 mg/m³). Stężenia bakterii w powietrzu na stanowiskach pracy różnią się w zależności od odległości od maszyny. W badaniu Mattsby-Baltzer (4) stwierdzono, że najwyższe ilości bakterii ($3,9 \cdot 10^4$ JTK/m³) były w odległości 0,5 m od maszyny. W próbach pobranych na trzecim metrze stężenia te były o rząd wielkości niższe ($1,0 \cdot 10^3$ JTK/m³). Wraz z oddalaniem się od źródła emisji aerozolu olejowego zaobserwowano także zmianę w proporcji dominujących gatunków, *Pseudomonas pseudoalcaligenes* był wypierany przez *Aerococcus viridans*.

Subiektywnie zgłaszane dolegliwości przez pracowników

Szkodliwy wpływ aerozoli olejowych na zdrowie osób pracujących można najlepiej ocenić na podstawie wyników badań epidemiologicznych. Obszerne analizy w tym zakresie zostały dokonane przez zespoły badawcze w USA, które objęły badaniami kilkusetosobowe grupy pracowników z zakładów branży motoryzacyjnej. Sprince i wsp. (17) w badaniu, którym objęto 183 pracowników i 66-osobową grupę kontrolną stwierdzili, że wśród dolegliwości najczęściej zgłaszanych przez osoby mające kontakt z chłodziwami są kaszel oraz odkrztuszanie flegmy. Obydwa objawy były zgłaszane ponad 3 razy częściej niż w grupie nienarażonej, a częstość ich występowania była powiązana z całkowitą masą aerozolu olejowego. Średnia masa mgły olejowej w grupie pracowników wynosiła 0,33 mg/m³ (0,04–1,44 mg/m³). Analizując jednak objawy występujące tylko po zakończeniu zmiany roboczej jako dominujące wykazano: podrażnienie gardła (OR = 5,0; 95%C.I. 1,7–14,7) oraz ucisk w klatce piersiowej (OR = 4,5; 95%C.I. 1,3–15,2). W podobnym badaniu przeprowadzonym na 386 osobach (18) stwierdzono, że występowanie kaszlu było bardziej związane z używaniem olejów obróbczych (PR = 2,2; 95%C.I. 1,1–4,6). U pracowników mających kontakt z cieczami chłodząco-smarującymi, blisko dwu-

krotnie większą częstość występowania niż w grupie kontrolnej zaobserwowano w przypadku astmy zdiagnozowanej przez lekarza. Zmierzone średnie stężenia mgły olejowej na stanowiskach pracy przy obydwu rodzajach chłodziw było bardzo zbliżone i wynosiło 0,23 mg/m³. W badaniu kwestionariuszowym, którym objęto ponad 1800 osób z trzech zakładów koncernu General Motors (19) zaobserwowano, że, w porównaniu z grupą kontrolną, pracownicy mający kontakt z cieczami obróbczymi statystycznie częściej zgłaszali takie objawy, jak: kaszel, zalegająca flegma, świszczący oddech, ucisk w klatce piersiowej, skrócony oddech, a także zdiagnozowana przez lekarza astma. W podziale na rodzaje używanych chłodziw zalegająca flegma oraz świszczący oddech były najczęściej zgłaszane u osób pracujących z olejami obróbczymi. Przy olejach syntetycznych dominowały natomiast objawy w postaci kaszlu, zalegającej flegmy, świszczącego oddechu, ucisku w klatce piersiowej oraz przewlekłego zapalenia oskrzeli.

Występowanie objawów u pracowników może być związane nie tylko z wielkością stężenia mgły olejowej, lecz także z siłą działania toksycznego poszczególnych olejów. Różnice w działaniu toksycznym spowodowane są różnorodnością węglowodorów wchodzących w skład olejów w zależności od pochodzenia surowca wyjściowego (ropy), jak również szeroką gamą domieszek dodawanych do olejów w celu poprawy ich wartości użytkowych (20).

Obniżenie wydolności układu oddechowego

Wśród skutków zdrowotnych ze strony układu oddechowego stwierdzonych w trakcie badań epidemiologicznych wymienia się ostre zmiany w funkcjonowaniu układu oddechowego. Już w latach 70. m.in. Bruskin i Demchenko (21) odnotowali zmniejszenie pojemności życiowej płuc (VC) przy średnim stężeniu mgły olejowej 10 mg/m³. W kilku kolejnych badaniach potwierdzono, że całkowite stężenie aerozolu olejowego jest skorelowane z występowaniem u osób narażonych ostrej odpowiedzi ze strony układu oddechowego, przejawiającej się obniżeniem wartości FEV₁ (natężonej objętości wydechowej pierwszosekundowej).

Jedną z pierwszych prac obrazujących szerzej wpływ narażenia zawodowego na ciecz obróbcze na zmiany czynnościowe układu oddechowego były badania Kennedy i wsp. (22). Przeprowadzając pomiary spirometryczne przed i po zmianie roboczej oraz na początku i pod koniec tygodnia pracy badacze wykazali, że u 23% osób partycypujących w badaniu stwierdzono obniżenie wartości FEV₁ o pięć lub więcej procent. Zmiany te były

skorelowane z poziomem narażenia i występowały, gdy poziomy aerozoli były wyższe niż $0,20 \text{ mg/m}^3$. Stężenia olejów w powietrzu zawierały się w przedziale od $0,16$ do $2,03 \text{ mg/m}^3$. Mniejszy odsetek zmian (12%) zaobserwowano w badaniu Kriebla (18). Natomiast w badaniu Robinsa (23) przy średnim stężeniu mgły olejowej $0,41 \text{ mg/m}^3$ u 7 procent badanych pracowników stwierdzono obniżenie parametrów FEV_1 o 19%.

Niektórzy badacze próbują wskazywać określone składowe cieczy obróbczych, które mogą być odpowiedzialne za występowanie ostrych zmian w układzie oddechowym. I tak w Stanach Zjednoczonych stwierdzono zależność między obniżeniem wartości FEV_1 a występowaniem w chłodziwach związków siarki (24). Pięcioprocentowy spadek wydolności płuc przy stężeniu związków siarki $2,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ charakteryzował się ryzykiem względnym $\text{RR} = 2,7$ (95% C.I. 1,0–6,0). Obecność związków siarki może wynikać z przemian chemicznych, zachodzących w czasie pracy z użyciem chłodziw, ale także może świadczyć o występowaniu w cieczach obróbczych bakterii siarkowych [2].

Endotoksyny obecne w mgle olejowej jako przyczyna zmian w układzie oddechowym

W badaniu przeprowadzonym przez Simsona (12) wartość średnia stężenia endotoksyn w powietrzu wynosiła 683 EU/m^3 i była wielokrotnie niższa niż stwierdzona w próbkach chłodziw ($87\ 874 \text{ EU/mL}$). W próbach powietrza pobranych przez Miliona (25) średnie stężenia mieściły się w zakresie $17\text{--}444 \text{ EU/m}^3$ i były o około 3 rzędy wielkości niższe niż w używanych olejach. Na podobnych poziomach stwierdzono endotoksyny w pracy Laitinen (9) (wartości średnie: $7,9\text{--}28 \text{ ng/m}^3$) i zauważono, że niezwykle istotny wpływ na obserwowane poziomy aerozoli mają techniczne zabezpieczenia maszyn obróbczych. Przy maszynach wyposażonych w osłony przeciwrozpryskowe stężenia endotoksyn były ponad 10-krotnie niższe niż przy maszynach w pełni odsłoniętych (17).

Endotoksyny są uznanym wskaźnikiem, świadczącym o stopniu skażenia mikrobiologicznego. W badaniu Laitinen (16) stwierdzono, że występowanie bakterii Gram-ujemnych i endotoksyn jest ze sobą dobrze skorelowane ($r = 0,65$). Jeszcze silniejsze korelacje stwierdził Abrams (26). W swoich badaniach wyliczył on, że współwystępowanie endotoksyn i całkowitej liczby bakterii było silniej skorelowane w pomieszczeniach produkcyjnych, gdzie wykorzystywano procesy szlifowania ($r = 0,87$) niż w pomieszczeniach, gdzie składano obrobione wcześniej elementy ($r = 0,71$). Naj-

większą jednak zależność zaobserwowano biorąc pod uwagę czas wykorzystania chłodziwa. Pod koniec tygodnia pracy, w pomieszczeniach, gdzie stały szlifierki, korelacja między endotoksynami a bakteriami osiągnęła wartość $r = 0,94$.

Lipopolisacharydy są pirogenami, to znaczy są w stanie wywoływać w organizmie stany zapalne, które charakteryzują się podwyższeniem temperatury ciała. Do udowodnionych efektów zdrowotnych wywołanych przez endotoksyny można zaliczyć także dreszcze, suchy kaszel, skrócony oddech, czy bóle stawów (27,28). Potwierdzone zostały także ostre efekty narażenia w postaci zmniejszenia przepływów powietrza w drogach oddechowych. Zarówno w badaniach eksperymentalnych (29) jak i środowiskowych (30) stwierdzono, że kilkugodzinna ekspozycja na endotoksyny prowadzi do obniżenia wartości FEV_1 od 5 do 10%.

W narażeniu na mgły olejowe, zawierające endotoksyny, do tej pory nie wykazano jednoznacznych zależności pomiędzy ich zawartością w powietrzu na stanowiskach pracy a obniżeniem wskaźników wydolności płuc. W badaniu Kriebla (18) korelacja między stężeniami endotoksyn a zmniejszeniem wartości FEV_1 o 5% była na poziomie $r = 0,23$. Sprince i wsp. (17) w swojej pracy wykazali, że zmniejszenie wydolności płuc było bardziej powiązane z całkowitą liczbą bakterii niż stężeniami endotoksyn. Brak potwierdzonych zależności w ww. pracach badawczych nie wskazuje, że takich zależności nie ma. Głównym powodem były niskie stężenia endotoksyn zmierzone na stanowiskach pracy. Jak podaje Sprince tylko 18% wszystkich pomiarów przekraczało wartość 9 ng/m^3 , to znaczy najniższego stężenia, przy którym potwierdzono statystycznie istotną zależność obniżenia wartości FEV_1 (29). Także u Kriebla poziomy te były zbyt niskie, aby wykazać taką korelację. Najwyższe odnotowane stężenie na stanowisku pracy wynosiło $58,46 \text{ EU/m}^3$, co w przybliżeniu odpowiada wartości około 6 ng/m^3 . Zważywszy jednak, że wartości stężeń endotoksyn odnotowane przez innych badaczy były na znacznie wyższych poziomach należy mieć świadomość, że mogą one stanowić istotny czynnik zwiększający ryzyko pojawiania się różnych dolegliwości ze strony układu oddechowego. Konieczne są zatem dalsze badania, które mogłyby jednoznacznie zweryfikować tę tezę. Innym powodem, który może także wpływać na niedostatek zadowalających wyników badań ostrych skutków narażenia jest potencjalne współdziałanie endotoksyn z innymi czynnikami biologicznymi jak np. glukanami, uznawanymi za wskaźniki występowania grzybów. Na podstawie dotychczas prze-

prowadzonych badań (31) można stwierdzić, że razem z endotoksynami mogą one oddziaływać synergistycznie, intensyfikując występowanie niekorzystnych objawów ze strony układu oddechowego. Do chwili obecnej nie prowadzono analiz na obecność glukanów podczas prac z chłodziwami, jednak fakt występowania w nich grzybów pleśniowych, np. z rodzaju *Aspergillus*, czy *Fusarium* [2] pozwala domniemywać, iż glukany mogą być tam obecne.

Odpowiedź immunologiczna organizmu

Istotnym problemem przy ocenie skutków zdrowotnych wywołanych przez czynniki biologiczne jest wrażliwość osobnicza na różne gatunki, czy rodzaje drobnoustrojów. W pracy Laitinen (9) wykazano, że dobrym narzędziem do oceny zdrowotnych skutków narażenia na mgłą olejową zawierającą różne rodzaje bakterii i grzybów jest badanie odpowiedzi immunologicznej organizmu poprzez określenie poziomu przeciwciał IgG. U 22 spośród 25 pracowników branży metalowej odnotowano przynajmniej jedną reakcję na antygeny wybranych bakterii. Najczęściej pracownicy produkowali przeciwciała przy kontakcie z bakteriami: *Stenotrophomonas maltophilia* (72%), *Pantoea agglomerans* (64%) oraz *Comamonas acidovorans* (64%). Z badania tego wynika również, że pracownicy mający kontakt z cieczami obróbczymi w porównaniu z grupami kontrolnymi (pracownicy biurowi, leśnicy) charakteryzowali się istotnie większą liczbą przeciwciał IgG.

Antygeny bakteryjne zostały rozpoznane jako istotny czynnik etiologiczny alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych (AZPP, ang. hypersensitivity pneumonitis – HP), jednostki chorobowej znanej często pod nazwą „płuco rolnika”, „płuco młynarzy”, czy „płuco operatorów maszyn”. Jest ona immunologiczną reakcją mięszu płucnego na wdychane cząstki organiczne, zawierające także mikroorganizmy. Proces zapalny obejmuje ściany pęcherzyków płucnych i obwodowe drogi oddechowe. Do reakcji dochodzi tylko u części osób narażonych na powtarzające się inhalacje antygenów, co prawdopodobnie świadczy o bliżej nie określonej predyspozycji (32). „Płuco operatorów maszyn” było często obserwowane w ostatnich 10 latach u pracowników branży motoryzacyjnej (33–36). Ponieważ AZPP nie było zwykle związane z narażeniem na mgłą olejową, nie było jasne, co mogło powodować jego występowanie u pracowników, zważywszy, że zakłady pracy używały różnych typów cieczy obróbczych. Dokładne analizy poszczególnych przypadków wykazały, że ich pojawienie się było związane obecnością różnych gatunków bakterii. Bern-

stein (33) opisał 6 przypadków AZPP, gdzie badając odpowiedź immunologiczną pracowników stwierdził, iż wszyscy z nich posiadali przeciwciała przeciwko bakterii *Pseudomonas fluorescens*. U trzech z nich wykryto przeciwciała bakterii z rodzaju *Rhodococcus*, a u dwóch *Staphylococcus capitis*, *Bacillus pumilus* oraz grzyba pleśniowego *Aspergillus niger*.

Z relacji Zacharisena (34), opisującego siedem innych przypadków AZPP, wynika, że wszyscy posiadali przeciwciała bakterii *Acinetobacter lwoffii*, które były obecne w próbach chłodziw. Jak pokazały analizy prób powietrza, stężenia bakterii Gram-ujemnych mieściły się w zakresie 525–4200 JTK/m³. Zidentyfikowano w nich m.in. bakterie z rodzajów *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Citrobacter*, *Acinetobacter* (ale nie *A.lwoffii*), *Klebsiella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, a także grzyby z rodzajów *Aspergillus* i *Penicillium*.

W analizowanych przez Kreiss (35) 8 przypadkach AZPP stwierdzono, że pojawienie się tej jednostki chorobowej nie było powiązane z dużym stężeniem mgły olejowej (średnie stężenie = 0,5 mg/m³), ani także z rodzajem używanego chłodziwa. Za czynnik sprawczy uznano natomiast bakterie z rodzaju *Mycobacterium* (głównie *M. chelonae*), których stężenia w próbach chłodziw były na poziomie 10⁵–10⁶ JTK/mL.

Schorzenia skóry

Narażenie na ciecze obróbcze może wywoływać także schorzenia skóry. Są one najczęściej następstwem wykonywania pracy w odzieży przesiąkniętej olejami, stosowaniem olejów o dużym stopniu zużycia, często zawierających duże ilości środków drażniących (np. biocydów), występowaniem drobnoustrojów o działaniu alergizującym oraz niestosowaniem podstawowych zasad higieny. Emulsje wodno-olejowe zwykle charakteryzują się silniejszym działaniem drażniącym niż oleje obróbcze. Do głównych schorzeń dermatologicznych należy zaliczyć przede wszystkim trądzik olejowy, który objawia się wzmożonym zrogowaceniem przymieszkowym i stanem zapalnym mieszków włosowych. Często dochodzi do mechanicznego zaczopowania ujścia mieszków z tworzeniem się zaskórniaków, grudek stożkowych lub wykwitów grudkowo-krostkowych, ustępujących ale pozostawiających drobne blizny lub zmiany barwnikowe. Do wywołanych przez oleje zmian skórnych zalicza się także infekcję bakteryjną i grzybicę rąk (15), a także reakcje alergiczne na środki uszlachetniające, jak na przykład hydrazynę czy trietanolaminę (37) oraz jony różnych metali: niklu, chromu i kobaltu (38).

Umieralność pracowników narażonych na mgłę olejową

W ostatnich latach, w wyniku przeprowadzonych badań epidemiologicznych, wykazano że narażenie na mgłę olejową może powodować rozwój nowotworów i w ten sposób przyczynić się do wzrostu umieralności wśród narażonych pracowników. Podobnie, jak w przypadku oceny narażenia, analizowanymi grupami zawodowymi byli przede wszystkim pracownicy branży motoryzacyjnej. Eisen i wsp. (39) przeprowadzili badanie typu follow up na grupie 45 000 pracowników, wśród których w ciągu 20 lat zarejestrowano ponad 10 000 zgonów. Wykorzystując jako grupę referencyjną populację generalną Stanów Zjednoczonych nie wykazano podwyższonego ryzyka zgonów ogółem (SMR = 0,96). Jedną piątą wszystkich zgonów stanowiły przypadki spowodowane chorobami nowotworowymi. Badacze stwierdzili podwyższone ryzyko zgonów z powodu: raka wątroby (SMR = 2,77), raka krtani (1,85), raka odbytnicy (1,70), białaczki (1,57), raka jelita grubego (1,47) oraz astmy zawodowej (1,39).

W podobnym badaniu przeprowadzonym przez Tolberta (40) w grupie 30 000 pracowników stwierdzono natomiast zróżnicowanie ryzyka zgonu w zależności od

Tabela 2. Ryzyko zgonu u pracowników przemysłu motoryzacyjnego (standaryzowane wskaźniki umieralności) w zależności od stosowanego rodzaju cieczy obróbczej oraz koloru skóry osób narażonych (40)

Przyczyna zgonu	Oleje obróbcze		Ciecze chłodziwo-smarujące		Chłodziwa syntetyczne
	B-SMR	C-SMR	B-SMR	C-SMR	B-SMR
Wszystkie przyczyny	1,02	0,82	1,00	0,81	1,01
Wszystkie nowotwory	1,01	0,92	1,02	0,90	0,97
Przełyk	1,18	0,76	1,03	0,72	0,99
Żołądek	1,12	1,05	1,19	1,01	1,28
Okreźnica	0,79	0,42	0,85	0,55	0,83
Odbytnica	1,47	0,45	1,09	0,66	0,92
Trzustka	0,80	1,40	0,77	1,62	1,03
Krtań	1,98	0,50	1,41	1,46	1,57
Płuca	1,02	1,06	1,07	0,91	1,01
Prostata	1,16	0,98	1,08	0,98	1,11
Mózg	1,08		1,24	0,77	0,61
Białaczka	1,25	0,77	1,33	0,74	1,22
Marskość wątroby	1,19	0,55	1,16	0,74	1,04

B-SMR – standaryzowany wskaźnik umieralności białych mężczyzn;

C-SMR – standaryzowany wskaźnik umieralności czarnych mężczyzn.

rodzaju stosowanej cieczy obróbczej oraz koloru skóry badanych (tab. 2). Wśród białych mężczyzn największe ryzyko stwierdzono przy pracy z olejami obróbczymi, gdzie zgony z powodu raka krtani występowały blisko dwukrotnie częściej niż w populacji generalnej. Stwierdzono także podwyższone ryzyko zgonów na nowotwory odbytnicy i białaczki. Czarnoskórych pracowników generalnie charakteryzowały niższe wskaźniki umieralności niż białych mężczyzn oraz częstsze występowanie zgonów na nowotwory trzustki. Dotyczyło to przede wszystkim osób ekspozowanych na działanie cieczy chłodziwo-smarujących. Z przeprowadzonej analizy wynika, że praca z chłodziwami syntetycznymi stwarza najmniejsze ryzyko wystąpienia nowotworów ze skutkiem śmiertelnym.

DZIAŁANIA ZAPOBIEGAWCZE

Z uwagi na szerokie spektrum skutków zdrowotnych, powodowanych działaniem cieczy obróbczych, instytucje odpowiedzialne w różnych krajach za stanowienie prawa, w celu ochrony osób pracujących, zdecydowały się na wprowadzenie wartości normatywnych. Dotyczy one całkowitej masy mgły olejowej. W USA The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) zarekomendował wartość graniczną (TLV) dla 8-godzinnego narażenia na poziomie 5 mg/m³ (41). W Polsce Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (42) podaje wartości NDS i NDSch dla olejów mineralnych (fazy ciekłej aerozolu) odpowiednio na poziomach 5 i 10 mg/m³.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania wskazują, że pracownicy branży metalowej narażeni są na liczne czynniki biologiczne, zawarte w chłodziwach do obróbki metali. Wśród czynników biologicznych wymienić należy bakterie tlenowe i beztlenowe, endotoksyny i grzyby pleśniowe.

2. Najwyższe narażenie towarzyszy procesom, gdzie stosowane są wysokie prędkości obrotów urządzeń obrabiających, np. podczas szlifowania.

3. Do najczęściej zgłaszanych objawów chorobowych przez pracowników, mających kontakt z chłodziwami do obróbki metali, należą: kaszel z odkaszuszaniem, świszczący oddech, ucisk w klatce piersiowej oraz podrażnienie gardła.

4. Wśród zdiagnozowanych jednostek chorobowych należy przede wszystkim wymienić: przewlekłe zapalenie oskrzeli, astmę, alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych, a także występowanie ostrych zmian w funkcjonowaniu układu oddechowego, objawiające się obniżeniem wartości FEV₁. Do głównych schorzeń dermatologicznych należy zaliczyć przede wszystkim trądzik olejowy, infekcje bakteryjne i grzybicę rąk, a także reakcje alergiczne.

5. W Polsce narażenie zawodowe na czynniki biologiczne pracowników mających kontakt z chłodziwami do obróbki metali jest mało poznane.

PIŚMIENNICTWO

1. ELF – materiały informacyjne. Ciecze do obróbki metali [cytowany 14 marca 2005]. Adres: <http://www.elf.com.pl/wiedza/rozdzial%2012.pdf>
2. Janda K., Przybulewska K.: Drobnoustroje w cieczech chłodząco-smarujących. *Post. Mikrobiol.*, 2004;43(2):167–187
3. Lonon M.K., Abanto M., Findlay R.H.: A pilot study for monitoring changes in the microbiological component of metalworking fluids as a function of time and use in the system. *AIHAJ*, 1000;60:480–485
4. Mattsby-Baltzer I., Sandin M., Ahlström B., Allenmark S., Edebo M., Falsen E.: Microbial growth and accumulation in industrial metal-working fluids. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1989;55(10):2681–2689
5. Dilger S., Fluri A., Sonntag H.G.: Bacterial contamination of preserved and non-preserved metalworking fluids. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2005;208:467–476
6. Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki: DzU 2005, nr 81, poz. 716
7. Chazal P.M.: Pollution of modern metalworking fluids containing biocides by pathogenic bacteria in France. *Eur. J. Epidemiol.*, 1995;11:1–7
8. Jakšić S., Uhitil S., Živković J.: Bacterial pollution of cutting fluids: a risk factor for occupational diseases. *Arh. Hig. Rada Toksikol.*, 1998;49(3):239–244
9. Laitinen S., Linnainmaa M., Laitinen J., Kiviranta H., Reiman M., Liesivuori J.: Endotoxins and IgG antibodies as indicators of occupational exposure to the microbial contaminants of metal-working fluids. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 1999;72:443–450
10. Moore J.S., Christensen M., Wilson R.W., Wallace Jr. R.J., Zhang Y., Nash D.R. i wsp.: Mycobacterial contamination of metalworking fluids: involvement of a possible new taxon of rapidly growing mycobacteria. *AIHAJ*, 2000;61:205–213
11. Thorne P.S., DeKoster J.A., Subramanian P.: Environmental assessment of aerosols, bioaerosols, and airborne endotoxins in a machining plant. *AIHAJ*, 1996;57:1163–1167
12. Simpson A.T., Stear M., Groves J.A., Piney M., Bradley S.D., Stagg S. i wsp.: Occupational exposure to metalworking fluid mist and sump fluid contaminants. *Ann. Occup. Hyg.*, 2003;47(1):17–30
13. Park D., Teschke K., Bartlett K.: A model for predicting endotoxin concentrations in metalworking fluid sumps in small machine shops. *Ann. Occup. Hyg.*, 2001;45(7):569–576
14. Linnainmaa M., Kiviranta H., Laitinen J., Laitinen S.: Control of workers' exposure to airborne endotoxins and formaldehyde during the use of metalworking fluids. *AIHAJ*, 2003;64:469–500
15. Barański B., Gromiec J., Krajewski J.: Biologiczne działanie olejów mineralnych. *Med. Pr.*, 1980;31(2):135–142
16. Gawęda E., Kurpiewska J., Benczek K.M., Kijeńska D.: Ocena narażenia zawodowego na oleje mineralne. *Med. Pr.*, 2000;51(4):357–364
17. Sprince N.L., Thorne P.S., Pependorf W., Zwerling C., Miller E.R., Dekoster J.A.: Respiratory symptoms and lung function abnormalities among machine operators in automobile production. *Am. J. Ind. Med.*, 1997;31:403–413
18. Kriebel D., Sama S.R., Woskie S., Christiani D.C., Eisen E.A., Hammond S.K. i wsp.: A field investigation of the acute respiratory effects of metal working fluids. I. Effects of aerosol exposures. *Am. J. Ind. Med.*, 1997;31:756–766
19. Greaves I.A., Eisen E.A., Smith T.J., Pothier L.J., Kriebel D., Woskie S.R. i wsp.: Respiratory health of automobile workers exposed to metal-working fluid aerosols: respiratory symptoms. *Am. J. Ind. Med.*, 1997;32:450–459
20. Gromiec J., Krajewski J., Barański B.: Problemy ekspozycji zawodowej na mgłę olejową przy stosowaniu płynów obróbkowych. *Med. Pr.*, 1981;32(5):359–363
21. Bruskin Z.Z., Demchenko V.G.: External respiration and gas exchange in workers exposed to the action of lubricating oil aerosols. *Gig. Tr. Prof. Zabol.*, 1975;4:28–30
22. Kennedy S.M., Greaves I.A., Kriebel D., Eisen E.A., Smith T.J., Woskie S.R.: Acute pulmonary responses among automobile workers exposed to aerosols of machining fluids. *Am. J. Ind. Med.*, 1989;15:627–641
23. Robins T., Seixas N., Franzblau A., Abrams L., Minick S., Burge H. i wsp.: Acute respiratory effects on workers exposed to metalworking fluid aerosols in an automotive transmission plant. *Am. J. Ind. Med.*, 1997;31:510–524
24. Sama S.R., Kriebel D., Woskie S., Eisen E., Wegman D., Virji M.A.: A field investigation of the acute respiratory effects of metal working fluids. II. Effects of airborne sulfur exposures. *Am. J. Ind. Med.*, 1997;31:767–776
25. Milton D.K.: Endotoxin exposure assessment in machining operations. *AAMA Metalworking Fluids Symposium*, Dearborn, Michigan 1996
26. Abrams L., Seixas N., Robins T., Burge H., Muilenberg M., Franzblau A.: Characterization of metalworking fluid exposure indices for a study of acute respiratory effects. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 2000;15(6):492–502
27. Heederik D.: An occupational exposure limit for endotoxins in the Netherlands. *Institute for Risk Assessment Sciences*, Utrecht 2003
28. Rylander R.: Endotoxins in the environment – A criteria document. *Int. J. Occup. Environ. Health* 1997;3:1–48
29. Castellan RM, Olenchock SA, Kinsley KB, Hankinson JL.: Inhaled endotoxins and decreased spirometric values. *N. Eng. J. Med.*, 1987;317:605–609

30. Rylander R, Haglund P, Lundholm M.: Endotoxin in cotton dust and respiratory function decrement among cotton workers in an experimental cardroom. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1985;131:209-213
31. Rylander R.: Endotoxins in the environment. W: Levin J, Alving C.R., Munford R.S., Redl H. [red.]. *Progress in Clinical and Biological Research. Bacterial Endotoxins: Lipopolysaccharides-Genes to Therapy*. Wiley-Liss Inc., New York 1995, ss. 79-90
32. Piotrowski W., Marczak J.: Alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych. *Terapia*, 2002;10(4), Z. 1:32-37
33. Bernstein D.I., Lummus Z.L., Santilli G., Siskosky J., Bernstein L.: Machine operator's lung. A Hypersensitivity pneumonitis disorder associated with exposure to metalworking fluids aerosols. *Chest*, 1995;108(3):636-641
34. Zacharisen M.C., Kasambi A.R., Schlueter D.P., Kurup V.P., Shack J.B., Fox J.L. i wsp.: The spectrum of respiratory disease associated with exposure to metal working fluids. *JOEM*, 1998;40(7):640-647
35. Kreiss K., Cox-Ganser J.: Metalworking fluid-associated hypersensitivity pneumonitis: a workshop summary. *Am. J. Ind. Med.*, 1997;32:423-432
36. Gordon T.: Metalworking fluid – the toxicity of complex mixture. *J. Toxicol. Environ. Health*, 2004;67:209-219
37. Rudzki E., Grzywa Z., Kozłowska A., Napiórkowska T.: Alergia na składowe olejów przemysłowych. *Med. Pr.*, 1982;33(1-3):109-112
38. Li K., Aghazadeh F., Hatipkarasulu S., Ray T.G.: Health risk from exposure to metal-working fluids in machining and grinding operations. *JOSE*, 2003;9(1):75-95
39. Eisen E.A., Tolbert P.E., Monson R.R., Smith T.J.: Mortality studies of machining fluids exposure in the automobile industry I: A Standardized Mortality Ratio analysis. *Am. J. Ind. Med.*, 1992;22:809-824
40. Tolbert P.E., Eisen E.A., Pothier L.J., Monson R.R., Hallock M.F., Smith T.J.: Mortality studies of machining-fluid exposure in the automobile industry II. Risk associated with specific fluid types. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1992;18:351-360
41. TLVs and BEIs. Based on the documentation of the Threshold limit Values for chemical substances and physical agents and Biological Exposure Indices. American Conference Governmental and Industrial Hygienists, Cincinnati (OH) 2004
42. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *DzU* 2002, nr 217, poz. 1833