

Analiza degradacji środowiska w aspekcie toksyczności spalin

Agata Judzińska-Kłodawska

Streszczenie

W artykule dokonano analizy szkodliwości związków toksycznych powstałych w wyniku spalania paliw w silnikach ZS i ZI. Dokonano przeglądu i charakterystyki poszczególnych składników spalin. Ponadto w artykule dokonano oceny wpływu toksyczności spalin na jakość powietrza oraz ich oddziaływanie na środowisko.

Słowa kluczowe: analiza spalin, toksyczność spalin, degradacja środowiska.

Wstęp

Istotną strefą działalności człowieka mającą negatywny wpływ na środowisko jest transport. Skutki jego oddziaływania są dotkliwe dla środowiska, gdyż oddziałuje pośrednio i bezpośredni poprzez produkcję pojazdów i całej infrastruktury a także w dużym stopniu poprzez eksploatację materiałów, głównie paliw. Produkty spalania paliw w silnikach zawierają składniki szkodliwe dla zdrowia człowieka oraz pogarszające stan atmosfery.

Emisje zanieczyszczeń z pojazdów mechanicznych to głównie tlenki węgla, azotu i siarki, węglowodory organiczne. Sadza oraz w przypadku paliw etylizowanych ołów i jego związki. W Szwajcarii w spalinach samochodowych zdefiniowano ok. 15 000 różnych związków chemicznych (1).

Spaliny silników są mieszaniną substancji znajdujących się w różnych stanach skupienia. Zdecydowanie przeważają substancje znajdujące się w gazowym stanie skupienia, istnieją również substancje ciekłe i stałe. W miarę obniżania się temperatury spalin wyemitowanych z silnika rośnie w nich względny udział substancji ciekłych oraz stałych. Przyczynami powstawania poszczególnych składników spalin są m.in. spalanie zupełne i niezupełne paliwa i oleju, dysocjacja termiczna składników spalin oraz paliw i olejów [2].

Wpływ na wielkość emisji pochodzącej ze spalania paliw w silnikach samochodowych jest uzależniona dynamiki jazdy, prędkości pojazdu, długości trasy, jakości paliwa.

Źródłem energii w silniku spalinowym jest utlenianie paliwa. W wyniku reakcji spalania oprócz energii cieplnej powstaje wiele związków chemicznych, szkodliwych dla środowiska. Współczesne silniki ZI najczęściej są zasilane benzyną mieszaniną węglowodorów). Głównymi produktami reakcji spalania są dwutlenek węgla, woda tlenek węgla, węglowodory oraz tlenki azotu [3].

Głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza w województwie zachodniopomorskim jest emisja antropogeniczna, na którą składa się emisja z działalności przemysłowej, emisja z sektora bytowego oraz emisja komunikacyjna ze środków transportu samochodowego.

W oddziaływaniu na jakość powietrza w województwie stwierdza się wciąż rosnące znaczenie emisji powierzchniowej z sektora bytowego oraz emisji liniowej z transportu samochodowego. Natomiast emisja punktowa z sektora przemysłowego wykazuje tendencję malejącą (4).

1. Emisja substancji szkodliwych z silników ZS oraz ZI

Współcześnie można zauważyć ciągły wzrost zużycia energii na Świecie zwłaszcza w krajach rozwijających się. Należy dążyć do odzyskiwania jak największej ilości energii takich substancji szkodliwych jak CO, HC oraz NOx. Wpływie to niewątpliwie na poprawę jakości powietrza.

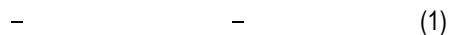
Emisja węglowodorów z obydwu typów silników utrzymuje się na podobnym poziomie z kolei emisja tlenków azotu z silnika o zapłonie samoczynnym jest 5-8 razy większa niż z silnika o zapłonie iskrowym. Stąd wynika zróżnicowanie dopuszczalnych limitów emisji ustalonych dla silników o zapłonie ZS oraz ZI [3].

Paliwo aby mogło ulec procesowi spalania musi być w stanie ciekły. Płynne paliwa takie jak benzyna tworzą z powietrzem mieszaninę paliwowo-powietrzną, w której to tlen (O₂) jest utleniaczem dla składników paliwa. Azot (N₂) pełni w takiej mieszance rolę gazu roboczego.

2. Składniki spalin silnika ZI i ich powstawanie

(analiza dokonana na podstawie [5])

Mieszanka o składzie stechiometrycznym ($\lambda = 1$) spala się teoretycznie według równania chemicznego:



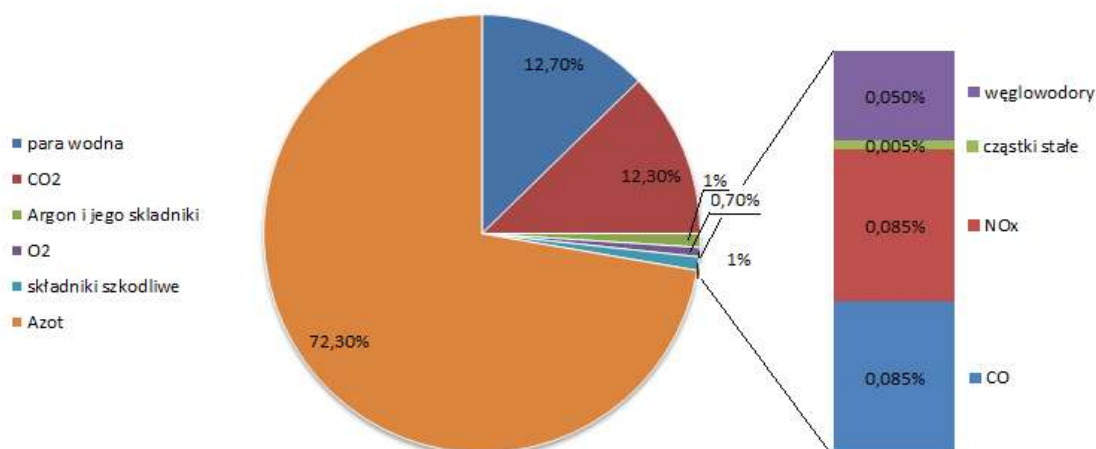
Masa tlenu w takiej mieszance, jest dokładnie taka, jaka według powyższego równania jest konieczna do spalania masy paliwa znajdującej się w mieszance, więc po procesie spalania powinny pozostać tylko dwutlenek węgla (CO₂) i para wodna (H₂O). W rzeczywistych warunkach procesu spalania, również mieszanki stechiometrycznej, spaliny emitowane przez silnik ZI mają skład przedstawiony na rys. 1. Tylko ok. 1% ich objętości to składniki szkodliwe.

Azot (N₂) w spalinach pochodzi z powietrza. Dla człowieka jest gazem obojętnym.

Para wodna (H₂O) w spalinach jest produktem spalania wodoru (H), składnika paliwa węglowodorowego.

Dwutlenek węgla (CO₂) to produkt spalania węgla (C), składnika paliwa węglowodorowego. Powstaje tylko wówczas,

Rys. 1. Udział objętościowy składników spalin (opracowanie własne na podstawie [5])



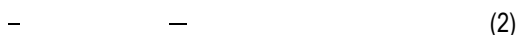
gdy mieszanka jest spalana. Najwyższa zawartość dwutlenku węgla jest w spalinach, powstałych ze spalania mieszanki stechiometrycznej.

Dwutlenek węgla jest bezwonny, przezroczysty, nietrujący i nieszkodliwy. Występuje naturalnie w powietrzu, którym oddychamy. W atmosferze pełni rolę naturalnej izolacji termicznej. Jego nadmierna emisja do atmosfery powoduje na kuli ziemskiej tzw. efekt cieplarniany, a w konsekwencji zmianę klimatu i kataklizmy.

Tlen (O₂) jest niezbędny do procesów spalania, do mieszanki jest wprowadzany wraz z powietrzem. Cały tlen, znajdujący się w mieszance paliwowo-powietrznej, nigdy nie jest wykorzystywany w procesie spalania, dlatego jest on też w spalinach powstałych ze spalania mieszanki bogatej ($\lambda < 1$). Gdy spalane są mieszanki uboższe od stechiometrycznej, w spalinach pozostaje również tlen, którego jest za dużo w stosunku do paliwa znajdującego się w mieszance - im uboższa jest mieszanka, tym więcej tlenu jest w spalinach. Tlen jest gazem niezbędnym do życia.

Tlenek węgla (CO) jest produktem niedokończonego procesu spalania węgla (C), składnika paliwa węglowodorowego. Powstawanie tlenku węgla (CO) towarzyszy procesowi spalania mieszanki. W mieszance bogatej ($\lambda < 1$) ilość tlenu jest za mała. Im bogatsza jest mieszanka, tym powstaje więcej tlenku węgla.

Dla mieszanek bogatych, zawartość tlenku węgla w spalinach, jest dobrą informacją o składzie spalanej mieszanki. W mieszance uboższej ($\lambda > 1$) ilość tlenu jest większa niż wymagana, aby całość węgla (C) mogła się spalić tak, by powstał tylko dwutlenek węgla. Zawsze jednak w komorze spalania są takie strefy, w których mieszanka jest bogata i palna. Powstawanie tlenku węgla może być opisane równaniem [6]:



Tlenek węgla jest bezwonny, przezroczysty, bezbarwny i pozbawiony smaku. Jest to silna trucizna, gdyż zmysły ludzkie nie ostrzegają o niej.

Węglowodory (HC) jest to grupa związków chemicznych, składających się z różnym stopniu toksyczne. Ich końcowymi produktami spalania (równanie 1) są dwutlenek węgla i para wodna. W komorze spalania nie ma warunków, by wszystkie

węglowodory tak się spaliły. Im lepiej przebiega proces przygotowania i spalania mieszanki, tym jest ich mniej. Zawartość węglowodorów (HC) w spalinach lepiej informuje o jakości procesu spalania niż zawartość tlenku węgla (CO), szczególnie w zakresie mieszanek ubogich.

Grupa węglowodorów (HC) obejmuje związki chemiczne o różnych własnościach. Niektóre są bezwonne, a inne mają intensywny zapach. Większość węgla (C) i wodoru (H). W spalinach jest ok.180 różnych związków typu węglowódor. Mają one różne własności i są w z nich szkodliwie oddziałuje na drogi oddechowe i układ krwionośny. Mają również działanie rakotwórcze. Uczestniczą w tworzeniu smogu.

Tlenki azotów (NO_x). W komorze spalania silnika, przy ciśnieniach i temperaturach towarzyszących procesowi spalania, przekraczających lokalnie ok. 1800° C, azot wchodzi w reakcję z tlenem, tworząc tlenek azotu. Przyjmuje się, że temperatura 1800° C jest graniczną, po przekroczeniu której ilość powstających tlenków azotu szybko rośnie. Powstawanie tlenków azotu w komorze spalania silnika nie jest bezpośrednim wynikiem procesu spalania paliwa, ale wynikiem reakcji pomiędzy azotem i tlenem, w korzystnych warunkach panujących w komorze spalania, stworzonych przez proces spalania.

W następstwie procesów zachodzących w komorze spalania i w układzie wylotowym silnika, przez końcówkę układu wylotowego są emitowane różne związki chemiczne, będące połączeniem azotu i tlenu. Podstawowe z nich to:

- tlenek azotu (NO);
- dwutlenek azotu (NO₂);
- podtlenek azotu (N₂O).

Wszystkie związki azotu i tlenu są ogólnie nazywane tlenkami azotu i oznaczane symbolem.

Zawartość tlenków azotu w spalinach zależy silnie od ciśnienia i temperatur panujących w komorze spalania, a więc od obciążenia silnika. W warunkach warsztatowych, analiza składu spalin silnika ZI jest wykonywana prawie wyłącznie dla silnika nieobciążonego - wówczas emisja tlenków azotu jest bardzo niska. Dopiero obciążenie silnika powoduje wyraźny wzrost emisji tlenków azotu.

Związki z grupy tlenków azotu (NO_x), mają różne własności:

- tlenek azotu (NO) - bezwonny, bezbarwny gaz, powodujący ciężkie zatrucie krwi i porażenie centralnego układu nerwowego;

- dwutlenek azotu (NO_2) - gaz o czerwono-brunatnym zabarwieniu, o drażniącym zapachu, podrażnia i powoduje choroby układu oddechowego;
- podtlenek azotu (N_2O) - bezbarwny gaz, o działaniu odurzającym, stosowany też jako gaz rozwesalający.

Tlenkom azotu (NO_x) przypisuje się ok. dziesięciokrotnie silniejsze szkodliwe oddziaływanie na organizm człowieka niż tlenkom węgla. Ponadto reagując z węglowodorami w atmosferze, już po opuszczeniu układu wylotowego, powodują powstanie ozonu i kolejnych „odmian” trujących węglowodorów (zjawisko smogu). Przyczyniają się również do powstawania kwaśnych deszczy (opady kwasu azotowego) i obumierania roślinności.

3. Wpływ toksyczności spalin na środowisko i człowieka

Emisja spalin ma jednoznacznie negatywny wpływ na środowisko. Głównym zagrożeniem jakie za sobą niesie jest emisja szkodliwych substancji w postaci tlenków siarki i azotu, które ulegają procesom utleniania w atmosferze. W skutek tego powstają kwasy siarkowy i azotowy. Kwasy te są kwasami nieorganicznymi zakwaszając opad atmosferyczny. Opady takie o niskim pH (tzw. „kwaśne deszcze”) oddziałują na drodze reakcji chemicznej z budynkami nieodpornymi na korozję, co prowadzi do niszczenia betonu, zapraw murarskich i elementów konstrukcyjnych. A przede wszystkim wpływa na uszkodzenie cennych architektonicznych budynków. Ponadto opad o niskim pH wpływa negatywnie na rośliny powodując w konsekwencji chlorozę i nekrozę liści, uszkodzenie aparatów asymilacyjnych, uszkodzenie systemu korzeniowego roślin. Kwaśne opady wpływają również na zakwaszenie gleby co w dalszej konsekwencji prowadzi do usuwania z niej jonów zasadowych (wapniowych, magnezowych, krzemowych), oraz uwalnianie jonów metali ciężkich, które są toksyczne. Pozostałe składniki spalin wpływają na zmiany klimatyczne. W rejonach dużego ruchu komunikacyjnego gdzie stężenie związków szkodliwych, głównie dwutlenku siarki, tlenku azotu, tlenku węgla i pyłów przekracza dopuszczalne normy może dochodzić do zjawiska smogu. Rozróżniamy dwa rodzaje smogu:

- smog typu londyńskiego (siarkowy), charakteryzuje się utrzymywaniem się gęstej, silnie zanieczyszczonej mgły przez dłuższy okres. Powstawaniu smogu londyńskiego towarzyszy brak wiatru, silne stężenie SO_2 , duża wilgotność powietrza;
- smog typu „Los Angeles (fotochemiczny), jego powstaniu towarzyszy brak wiatru, silne nasłonecznienie, duża emisja spalin zawierających węglowodory, tlenki azotu oraz czad.

Pomado silna emisja związków toksycznych występująca w spalinach przyczynia się do powiększania się dziury ozonowej. Konsekwencją zmniejszenia warstwy ozonu jest zwiększenie promieniowania UV, szkodliwego dla organizmów żywych.

4. Metody obniżenia emisji spalin pochodzących z komunikacji

Najlepszą metodą obniżenia negatywnego wpływu pojazdów na środowisko jest zmniejszenie liczby pojazdów. Jako że może to się okazać niewykonalne aby ograniczyć emisję szkodliwych substancji należy zmniejszyć zużycie paliwa, gdyż to właśnie jego spalanie powoduje największą emisję związków toksycznych do atmosfery.

Ograniczenie emisji dwutlenku węgla (związanej ze zużyciem paliwa przez pojazd) narzucające przez światowe ustawodawstwo wymuszają na producentach pojazdów ciągłe poszukiwania rozwiązań pozwalając na zmniejszenie tego zużycia. Zmniejszenie zużycia paliwa przez współczesne pojazdy można osiągnąć z zastosowaniem (3):

- silnika ZS (30%),
- hybrydyzacji napędów (5-30%),
- dezaktywacji cylindrów (6-20%),
- zmiennych faz rozrządu (5-20%),
- mieszanek homogenicznych (15%),
- optymalizacji przekładni (0-15%),
- silników ZI z wtryskiem bezpośrednim (4-10%),
- zmiennego stopnia sprężania (9%),
- downsizingu (6%).

Pojawia się wiele możliwości obniżenia zużycia paliwa a co za tym idzie zmniejszenia emisji spalin z samochodów. Niestety niektóre z tych możliwości są nieopłacalne. Znaczny rozwój napędów alternatywnych jest czasami hamowany poprzez brak odpowiedniej infrastruktury, co świadczyć może o tym że w najbliższych latach nadal będą dominowały pojazdy z silnikami spalinowymi i ważnym jest rozwój technologii ograniczających w dalszym stopniu emisję związków toksycznych.

Bibliografia

1. Górzyński J.: *Podstawy analizy środowiskowej wyrobów i obiektów* (2007).
2. Chtopek Z.: *Modelowanie procesu emisji spalin w warunkach eksploatacji trakcyjnej silników spalinowych* (1997).
3. Merkisz J.: *Rozwój silników spalinowych w aspekcie ekologicznym*. Jabłoński J. [aut. książki]: *Technologie "zero emisyjne"* (2011).
4. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska: *Krajowy raport mozaikowy. Stan środowiska w województwach w latach 2000-2007*. www.gios.gov.pl
5. Myszkowski S.: *Analiza składu spalin silników ZI*. *Wiadomości InterCars* nr 28 (2008).
6. Luft S.: *Podstawy budowy silników* (2011).

Environmental degradation analysis in term of fumes toxicity

Abstract

In this article was made analysis of the dangers of toxic emissions resulting from fuel combustion in combustion engines. An elaboration also includes the review and the characteristics of individual fumes components. Furthermore, in the article was made an assessment of the impact of fumes toxicity on air quality and their impact on the environment.

Key words: analysis of fumes, toxicity fumes, environmental degradation.

Autor:

Mgr inż. **Agata Judzińska-Kłodawska** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie