

OBCIĄŻENIE SILNIKA PILARKI SPALINOWEJ A ILOŚĆ SKŁADNIKÓW TOKSYCZNYCH W SPALINACH

Adam Maciak, Arkadiusz Gendek

Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Silniki pilarek spalinowych są źródłem niebezpiecznych związków wydalanych ze spalinami. Do najniebezpieczniejszych należą węglowodory, tlenki węgla i tlenki azotu. Operator narażony jest na szkodliwe działanie tych związków przede wszystkim w czasie wykonywania ścinki drzew, kiedy silnik pracuje pod dużym obciążeniem. Autorzy podjęli próbę określenia składu spalin zależnie od obciążenia silnika. Okazało się, że ich stężenie zależy przede wszystkim od składu mieszanki paliwowo-powietrznej oraz jest zależne od obciążenia silnika pilarki. Ilość szkodliwych substancji wzrasta wraz z obciążaniem silnika i spadkiem jego prędkości obrotowej.

Słowa kluczowe: pilarka, silnik, spaliny, składniki toksyczne

Wprowadzenie

Przenośne pilarki spalinowe są szeroko używane w procesie pozyskania drewna w Polsce. Są one wyposażone w silnik dwusuwowy z zapłonem iskrowym, który znajduje zastosowanie w pilarce przede wszystkim ze względu na prostą konstrukcję oraz niewielkie wymiary i masę [Róžański, Jabłoński 2001]. Jednak nieodłączną właściwością takiego źródła napędu jest emisja gazów. Gazy te zawierają składniki niebezpieczne dla zdrowia człowieka, a także negatywnie oddziałujące na rośliny. W skład wydalanych spalin wchodzi związek nietoksyczny i toksyczny. Do składników nietoksycznych należą: azot (N_2), dwutlenek węgla (CO_2), tlen (O_2), para wodna (H_2O). Do gazów toksycznych zalicza się, takie gazy jak: tlenek węgla (CO), tlenki azotu (NO_x), węglowodory (HC), dwutlenek siarki (SO_2) [Więsik 2002]. Związki chemiczne zanieczyszczające powietrze atmosferyczne wydzielane są przez układ wylotowy silnika. W silnikach z zapłonem iskrowym ich stężenie zależy głównie od składu mieszanki paliwowo-powietrznej [Róžański, Jabłoński 2001].

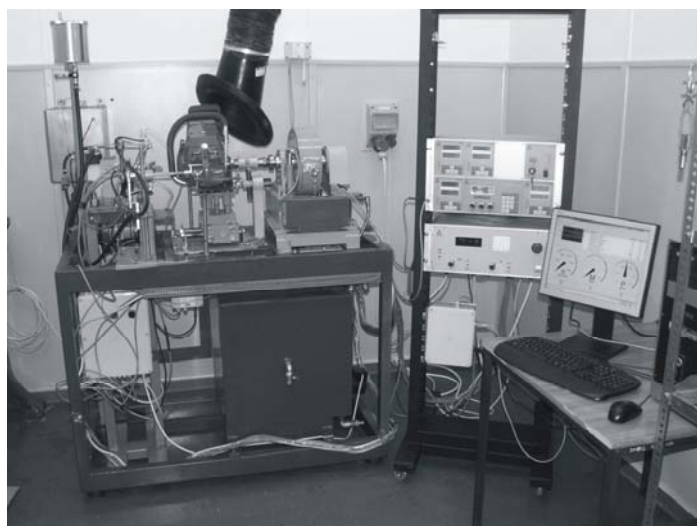
Tlenek węgla CO powstaje w procesie spalania mieszanek bogatych ($\lambda < 1$) oraz w wysokotemperaturowym płomieniu w wyniku dysocjacji CO_2 [Merkisz 1999]. Głównym źródłem węglowodorów w spalinach jest nie spalone paliwo oraz gaśnięcie płomienia w szczelinach pomiędzy cylindrem a tłokiem oraz na ściankach głowicy i cylindra. Źródłem HC są także pary benzyny ze zbiornika, gaźnika i nieszczelnego układu zasilania [Róžański, Jabłoński 2001].

Podczas pracy pilarką operator narażony jest na działanie tych związków. Do najbardziej niebezpiecznych należą węglowodory, tlenek węgla oraz tlenki azotu. Operator obsługując się pilarką spalinową o dużej mocy, przystosowaną głównie do ścinki szczególnie narażony jest na działanie szkodliwych związków. Podczas tej operacji pilarka pracuje często pod dużym obciążeniem, dlatego istotne jest zbadanie wpływu tego czynnika na skład wydzielanych spalin.

Material i metody

Celem podjętych badań było ustalenie wpływu obciążenia silnika pilarki Husqvarna 372 XP na skład emitowanych spalin. Pilarka użyta do badań miała moc 3,9 kW i pojemność skokową 70,7 cm³. Pilarkę tę wybrano gdyż należy ona do grupy pilarek dużych najczęściej używanych do ścinki, a właśnie podczas tej operacji pilarz jest najbardziej narażony na niekorzystne oddziaływanie gazów spalinowych.

Podczas badań pilarka umieszczona była na hamowni małych silników spalinowych (rys. 1), co umożliwiło zmianę obciążenia silnika pilarki. Przepustnica mieszanki była maksymalnie otwarta, tak jak ma to miejsce podczas normalnej pracy. Do zasilania pilarki zastosowano paliwo bezołowiowe o liczbie oktanowej 95. Przed pomiarami dokonano regulacji gaźnika zgodnie z zaleceniami producenta. Wyznaczona charakterystyka zewnętrzna pozwoliła na określenie przebiegu momentu obrotowego silnika, mocy oraz godzinowego i chwilowego zużycia paliwa [Gendek 2006].



Rys. 1. Hamownia małych silników spalinowych

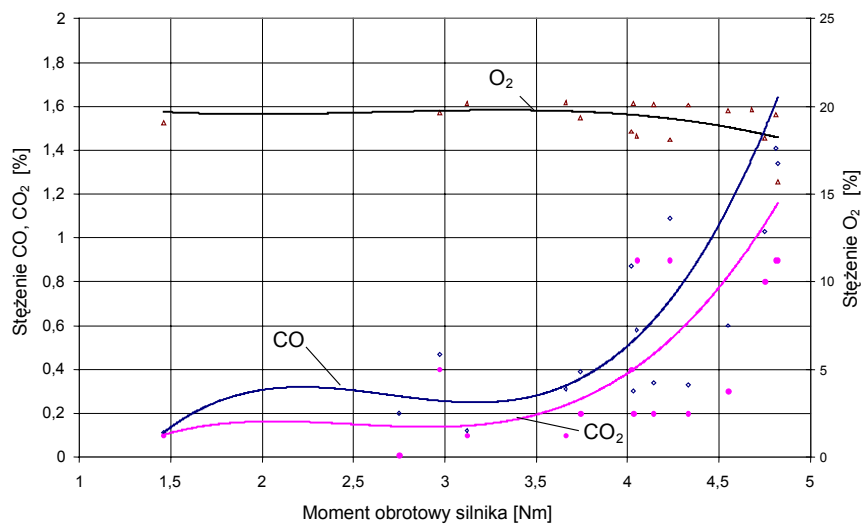
Fig. 1. Test house for small combustion engines

Do badania składu spalin wykorzystano czteroskładnikowy analizator spalin „OLIVER K – 90”, umożliwiający pomiar zawartości: O₂, CO, CO₂, oraz HC. Pomiar składu spalin był wykonywany równocześnie z charakterystyką silnika.

Wyniki badań i ich analiza

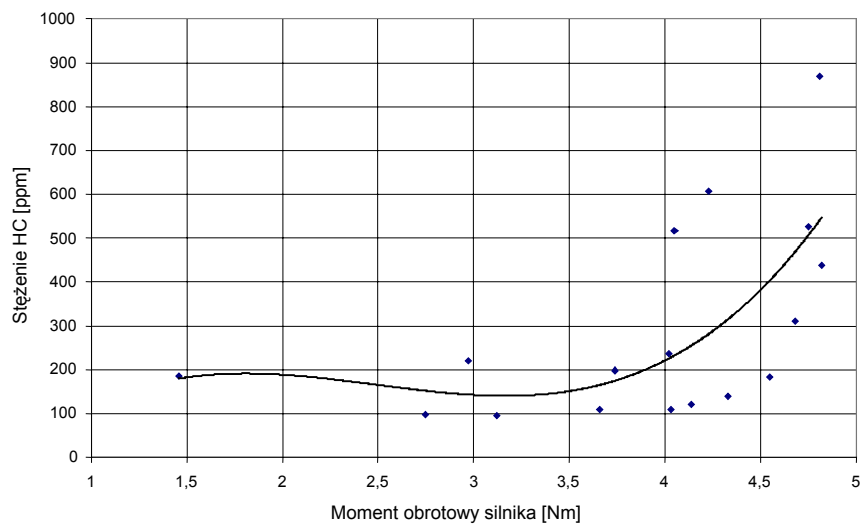
Zmianę zawartości składników spalin w zależności od obciążenia przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

Obciążenie silnika pilarki...



Rys. 2. Wielkość emisji CO i CO₂ oraz zawartość tlenu w gazach spalinowych w zależności od obciążenia silnika badanej pilarki

Fig. 2. The amount of CO and CO₂ emissions and oxygen content in exhaust gas depending on tested sawing machine engine load



Rys. 3. Zawartość HC w gazach spalinowych w zależności od obciążenia silnika badanej pilarki

Fig. 3. HC content in exhaust gas depending on tested sawing machine engine load

Przedstawione na rys. 2 i 3 krzywe można opisać równaniami w funkcji momentu obrotowego o następującej ogólnej postaci:

$$\left. \begin{array}{l} \text{HC} \\ \text{CO} \\ \text{CO}_2 \\ \text{O}_2 \end{array} \right\} = a_0 + a_1 \cdot M + a_2 \cdot M^2 + a_3 \cdot M^3$$

gdzie:

- M – moment obrotowy [Nm];
- HC – udział węglowodorów w spalinach [ppm];
- CO – udział tlenku węgla w spalinach [%];
- CO₂ – udział dwutlenku węgla w spalinach [%];
- O₂ – udział tlenu w spalinach [%];
- a₀, a₁, a₂, a₃ – parametry równania odpowiednie dla poszczególnych wielkości.

Parametry równań dla poszczególnych krzywych regresji oraz ich współczynniki korelacji przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry równań krzywych regresji
Table 1. Parameters of regression curve equations

Składnik	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	r
HC [ppm]	- 315,46	692,35	- 300,85	40,32	0,65
CO [%]	- 2,6474	3,4889	- 1,3371	0,1655	0,70
CO ₂ [%]	- 1,0966	1,5957	- 0,6596	0,883	0,63
O ₂ [%]	28,747	- 10,215	3,6621	-0,4184	0,69

Zwiększenie obciążenia silnika powodowało istotny wzrost HC w spalinach. Wzrost zawartości HC jest bardzo wyraźny po przekroczeniu 3,5 Nm. Zwiększenie momentu obrotowego od 3,5 do 4,8 Nm powodowało wzrost zawartości HC ze 180 do 870 ppm. Emisja HC rosła szybciej niż moment obrotowy. W czasie, gdy moment obrotowy zwiększył się o 37% to emisja HC zwiększyła się o 383%.

Zawartość tlenku węgla w spalinach pilarki Husqvarna 372 XP w zależności od momentu obrotowego zmieniała się podobnie jak HC.

Zwiększenie obciążenia silnika powodowało istotny wzrost CO w spalinach. Zależność ta jest bardzo duża po przekroczeniu wartości momentu wynoszącej 3,5 Nm. Wzrost momentu obrotowego z 3,5 do 4,8 Nm powodował wzrost zawartości CO z 0,3 do 3,1%, czyli zwiększenie momentu 1,4 raza skutkowało 10 krotnym wzrostem zawartości CO w spalinach.

Wzrost obciążenia silnika powodował istotny spadek zawartości O₂ w spalinach. Spadek stężenia tlenu następował po przekroczeniu 3,5 Nm. Wzrost momentu obrotowego z 3,5 do 4,8 Nm spowodował obniżenie zawartości O₂ w spalinach z 20 do 16%. Zawar-

tość tlenu malała w podobnym stopniu jak rósł moment obrotowy. Wzrost momentu 1,4 raza powodował 1,3-krotne obniżenie zawartości tlenu.

Zawartość dwutlenku węgla w spalinach pilarki Husqvarna 372 XP w zależności od momentu obrotowego silnika zmieniała się podobnie jak badane gazy toksyczne (CO, HC).

Zwiększenie obciążenia silnika powodowało istotny wzrost CO₂ w spalinach. Wzrost stężenia CO₂ stwierdzono po przekroczeniu 3,5 Nm. Wzrost momentu obrotowego z 3,5 do 4,8 Nm powodował wzrost zawartości CO₂ z 0,3 do 2,4%, czyli zwiększenie momentu 1,4 raza spowodowało 8-krotny wzrost emisji dwutlenku węgla.

Zaobserwowano, że wzrost obciążenia silnika powoduje wzrost emisji dwutlenku węgla oraz gazów toksycznych tj. węglowodorów i tlenu węgla.

Dwutlenek węgla jest wynikiem bardziej efektywnego spalania. Wyższa procentowa zawartość CO₂ w spalinach, świadczy o większej efektywności pracy silnika. Zwiększanie obciążenia silnika powoduje w związku z tym zauważalne obniżenie zawartości tlenu w wydalanych spalinach.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że wraz ze wzrostem obciążenia silnika podczas skrawania drewna wzrasta również emisja tlenu i dwutlenku węgla oraz węglowodorów zawartych w spalinach. Należy jednak zauważyć, że emisja gazów toksycznych rośnie powoli do obciążenia silnika momentem obrotowym o wartości ok. 3,5 Nm, czyli w pobliżu punktu maksymalnego momentu obrotowego silnika. W tym samym czasie zawartość tlenu utrzymuje się na mniej więcej stałym poziomie. Przy dalszym obciążaniu silnika dynamika przyrostu emisji CO, CO₂ oraz HC gwałtownie wzrasta i występuje zwiększone wydzielanie gazów toksycznych w spalinach, któremu towarzyszy równoczesny spadek zawartości tlenu.

Bibliografia

- Gendek A.** 2006. Investigations on engines in the internal combustion chain saws. Annals of Warsaw Agricultural University. Agriculture No 49. Warsaw. s. 23-29.
- Merkisz J.** 1999. Ekologiczne problemy silników spalinowych. Tom 2. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- Róžański H., Jabłoński K.** 2001. Zagrożenia operatorów emisją gazów z dwusuwowych silników spalinowych. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej nr 1. s. 20-23.
- Więsik J. i in.** 2002. Pilarki przenośne – budowa i eksploatacja. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa. ISBN 83-7274-041-0.

LOAD OF I.C.E.- POWERED SAWING MACHINE ENGINE AND AMOUNT OF TOXIC COMPONENTS IN EXHAUST GAS

Abstract. The engines of I.C.E.-powered sawing machines make a source of toxic substances expelled with exhaust gas. The most dangerous of them include: hydrocarbons, carbon oxides and nitrogen oxides. Their operators are exposed to harmful action of these compounds first of all while felling trees, when engine works under high load. The authors made an effort to determine exhaust gas constitution depending on engine load. It turned out that their concentration primarily depends on constitution of air-fuel mixture. Moreover, it depends on sawing machine engine load. The amount of toxic substances grows with increasing engine load, and its rotational speed drop.

Key words: sawing machine, engine, exhaust gas, toxic components

Adres do korespondencji:

Adam Maciak; e-mail: adam_maciak@sggw.pl
Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 164
02-787 Warszawa