

Łukasz DŁUGAJCZYK, Robert WIESZAŁA, Krystian WILK

## PROJEKT STANOWISKA DO BADANIA WARTOŚCI OPAŁOWEJ PALIW SAMOCHODOWYCH

**Streszczenie.** W artykule został przedstawiony projekt stanowiska do badania wartości opałowej paliw samochodowych, tj. benzyny oraz oleju napędowego. Omówiono poszczególne elementy stanowiska, takie jak: kalorymetr, stacja napełnienia oraz zbiornik, uwzględniając wszelkie niezbędne aspekty do przeprowadzenia badania. Wskazano kolejność wykonania poszczególnych elementów badania.

**Słowa kluczowe.** Wartość opałowa, paliwa samochodowe

## DRAFT POSITION FOR TESTING CALORIFIC VALUES OF VEHICLES FUEL

**Summary.** The article was presented a draft position to test the calorific value fuels such as gasoline and automotive diesel. Discusses the position of individual elements such as the calorimeter, and a tank filling station having all the necessary aspects to perform the test. Indicated the order of execution of individual elements of the study.

**Keywords.** Calorific value ,vehicle fuel

### 1. WPROWADZENIE

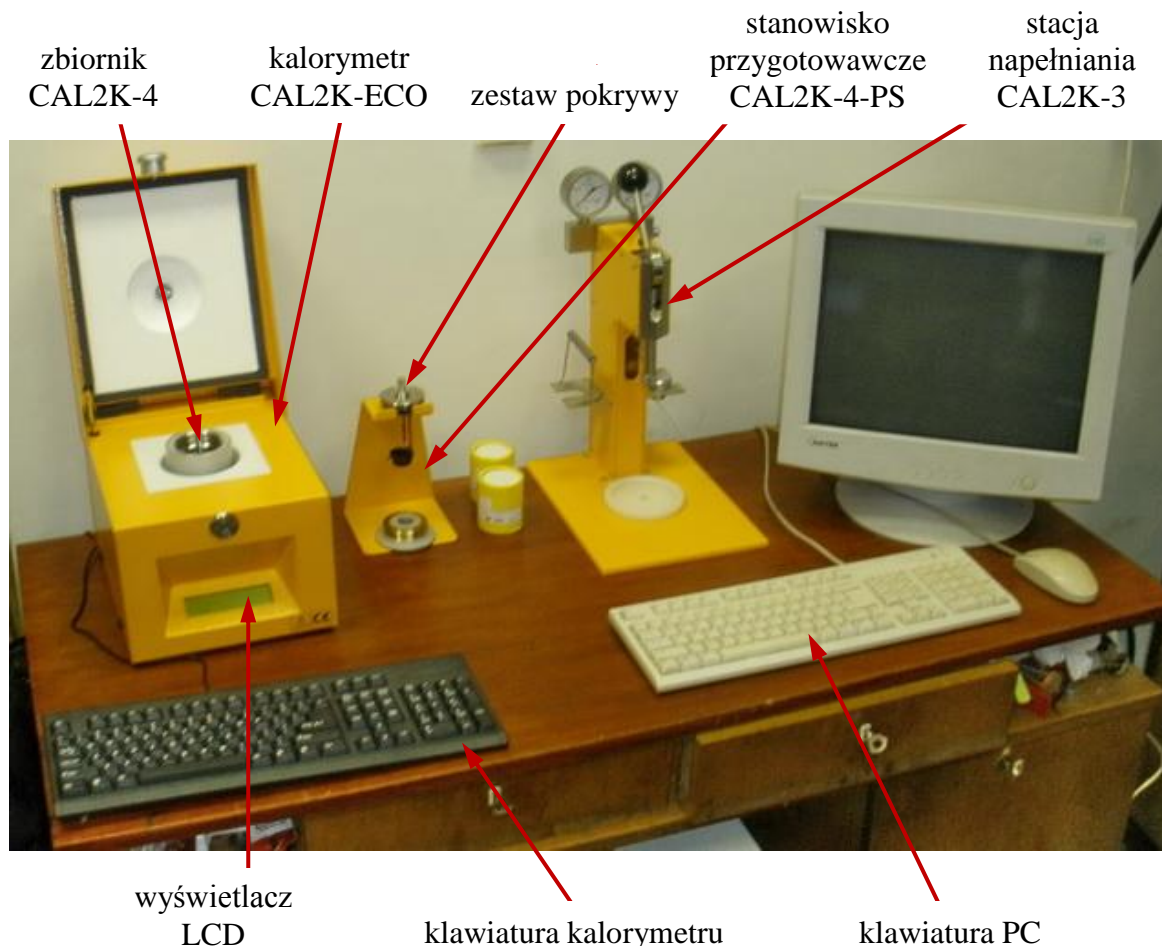
Na świecie użytkowanych jest ponad 800 mln pojazdów, czyli ponad dwa razy więcej niż 25 lat temu, a przewiduje się, że za 20 lat będzie ich około 1,2 mld. Wiąże się to z koniecznością zaspokojenia popytu zwiększającego się zapotrzebowania na paliwo, a wraz z postępem, jaki dokonuje się ostatnimi laty w konstrukcji silników, determinuje konieczność utrzymania jakości paliw na najwyższym poziomie [1, 2].

Benzyna silnikowa spełnia stawiane jej wymagania pod warunkiem, że zachowane są jej odpowiednie właściwości, które opisane są zbiorem parametrów zawartych w odpowiednich aktach normalizacyjnych. Jednakże można wymienić również ważny parametr, istotny pod względem procesu spalania, który określa ilość energii chemicznej zawartej w paliwie, a jest nim wartość opałowa. Jako, że wartość kalorymetryczna paliwa niejako opisuje jego energię chemiczną, to nie jest znormalizowana. Parametr ten decyduje o przydatności paliwa do zasilania silników, a jego zmiana ma wpływ na wszystkie właściwości benzyny. Zastosowanie paliwa o niższej wartości opałowej powoduje przede wszystkim zwiększenie zużycia paliwa przez jednostkę napędową [3].

W pracy przedstawiono projekt stanowiska do badania wartości opałowej paliw samochodowych.

## 2. SCHEMAT STANOWISKA

Stanowisko przeznaczone do oznaczania wartości opałowej składa się z kilku elementów, które przedstawiono poniżej (rys. 1). Spośród tych najważniejszych zdecydowanie wyróżnić należy zbiornik, kalorymetr oraz stację napełniania, bez których niemożliwe byłoby oznaczenie wartości opałowej jakiegokolwiek paliwa [4].



Rys. 1. Stanowisko do badania wartości opałowej  
Fig. 1. Position to test the calorific value

### 2.1. Elementy stanowiska

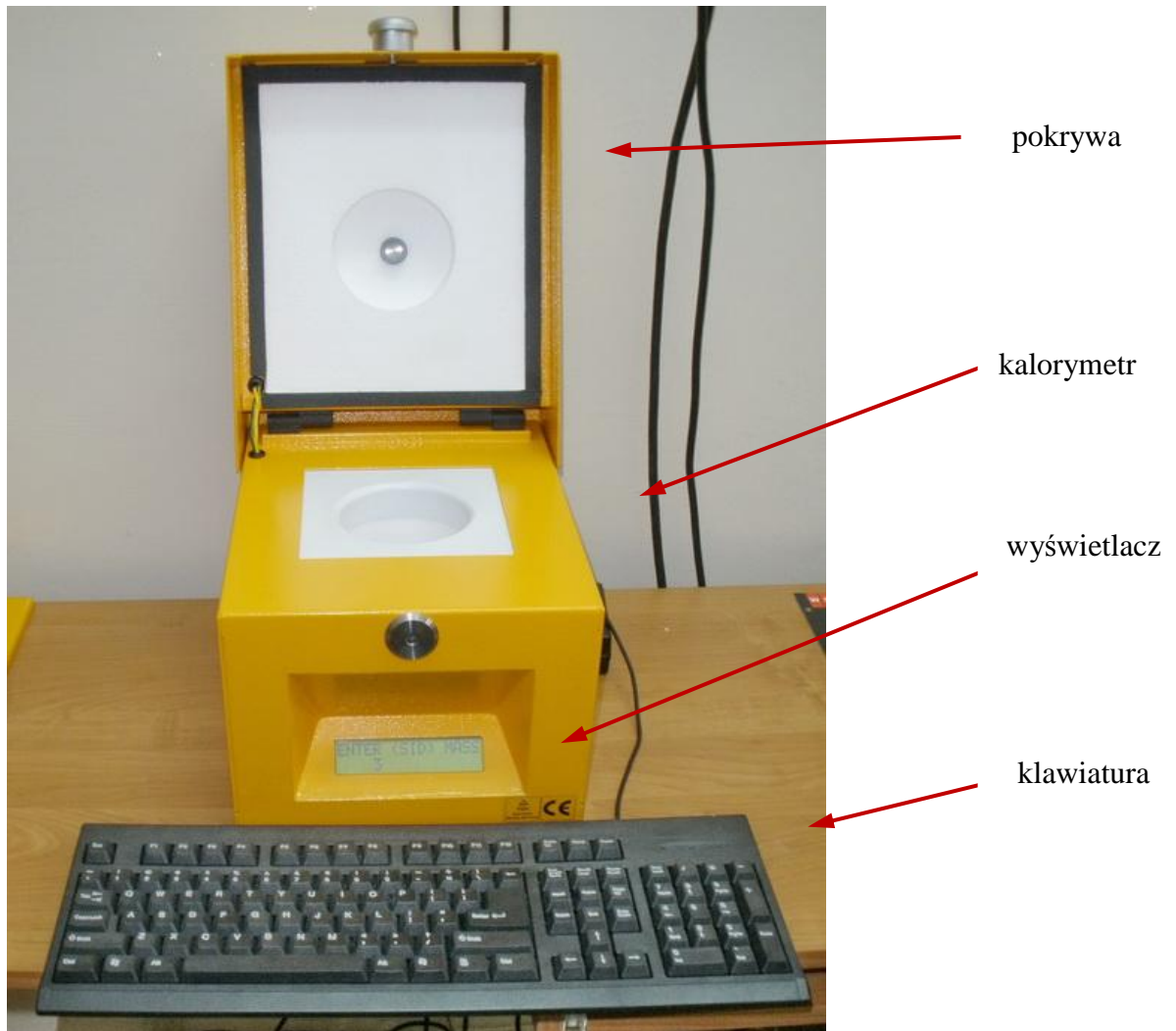
W celu zrozumienia zasad działania urządzeń, zamieszczono szczegółowy opis poszczególnych elementów wchodzących w skład stanowiska. Przed rozpoczęciem badań konieczne jest zapoznanie się z informacjami zamieszczonymi poniżej, w celu uniknięcia błędów podczas oznaczania wartości opałowej paliw oraz odpowiedniej eksploatacji urządzeń, ze szczególnym uwzględnieniem zasad BHP.

#### Kalorymetr firmy CAL2K-ECO

Zadaniem kalorymetru CAL2K-ECO przedstawionego na rysunku 2 jest:

- wytworzenie odpowiedniego napięcia zapłonu poprzez wbudowane w nim kondensatory rozruchowe,
- zapewnienie kontroli zapłonu,

- pomiar wzrostu temperatury w zbiorniku przy stałych parametrach: masie, objętości i ciśnieniu w środowisku izotermicznym,
- obliczanie wartości opałowej,
- izolacja zbiornika od środowiska podczas oznaczania,
- zapewnienie miejsca do przechowywania wyników oraz łączności z PC,
- zarządzanie identyfikacją próbek i ich masą,
- zarządzanie kalibracją zbiornika.



Rys. 2. Ogólny widok kalorymetru  
Fig. 2. General view of the calorimeter

Wyświetlacz kalorymetru (rys. 3) składa się z dwóch linii, w których wyświetlane są informacje dla użytkownika. W górnej linii wyświetlane są wpisy z klawiatury, natomiast, w dolnej masa próbki paliwa wprowadzona do kalorymetru oraz identyfikator próbki.

LINIA 2:  
identyfikator próbki  
i wyświetlanie masy

LINIA 1:  
czynności kalorymetru i wpisy  
z klawiatury



Rys. 3. Wyświetlacz kalorymetru  
Fig. 3. Calorimeter display

### Objaśnienia oznaczeń wyświetlacza

Chcąc zrozumieć dokładniej informacje generowane na wyświetlaczu kalorymetru, zebrano wszystkie możliwe komunikaty wraz z ich znaczeniem w tabelicy 1. Ich znajomość znacząco skróci czas oznaczenia wartości opałowej oraz zmniejszy możliwość pomyłki. Dołożono wszelkich starań, by informacje poniżej zawarte były jak najbardziej trafne, co udało się uzyskać na podstawie wielu wykonanych badań wartości opałowej.

Tablica 1

#### Informacje generowane na wyświetlaczu CAL2K-ECO

Komunikat	Znaczenie
NO CALIBRATION (brak kalibracji)	Jeżeli pojawi się taka informacja, należy skalibrować zbiornik przy użyciu tabletek kwasu benzooesowego.
FAULTY VESSEL (usterka zbiornika)	Zbiornik został wykryty, ale znaleziono usterkę. Wyjmij zbiornik i włóż go z powrotem. Jeżeli komunikat się powtarza, skontaktuj się z serwisem.
ENTER (SID) MASS (wprowadź numer próbki oraz masę)	Wpisanie numeru próbki nie jest konieczne, a wartość wyświetlana jest w lewym rogu dolnej linii wyświetlacza. Wprowadzenie masy jest obowiązkowe: $MA=0\pm 0,5$ g. Masę można wprowadzić, gdy zbiornik jest wyjęty z szybu kalorymetru.
INSERT VESSEL (włóż zbiornik)	Informacja wyświetlana, gdy urządzenie jest gotowe do oznaczenia wartości opałowej (kondensatory są naładowane, a masa próbki wprowadzona).
CLOSE LID (zamknij pokrywę)	Jeśli zbiornik został umieszczony w kalorymetrze po wyświetlonym powyżej komunikacie i urządzenie nie wykryło żadnych błędów, to należy zamknąć pokrywę.
NO FIRING WIRE (brak przewodu zapłonowego)	Po zamknięciu pokrywy kalorymetr wykrył brak połączenia pomiędzy elektrodami. Należy sprawdzić kontakt w pokrywie oraz kontakty w zbiorniku.

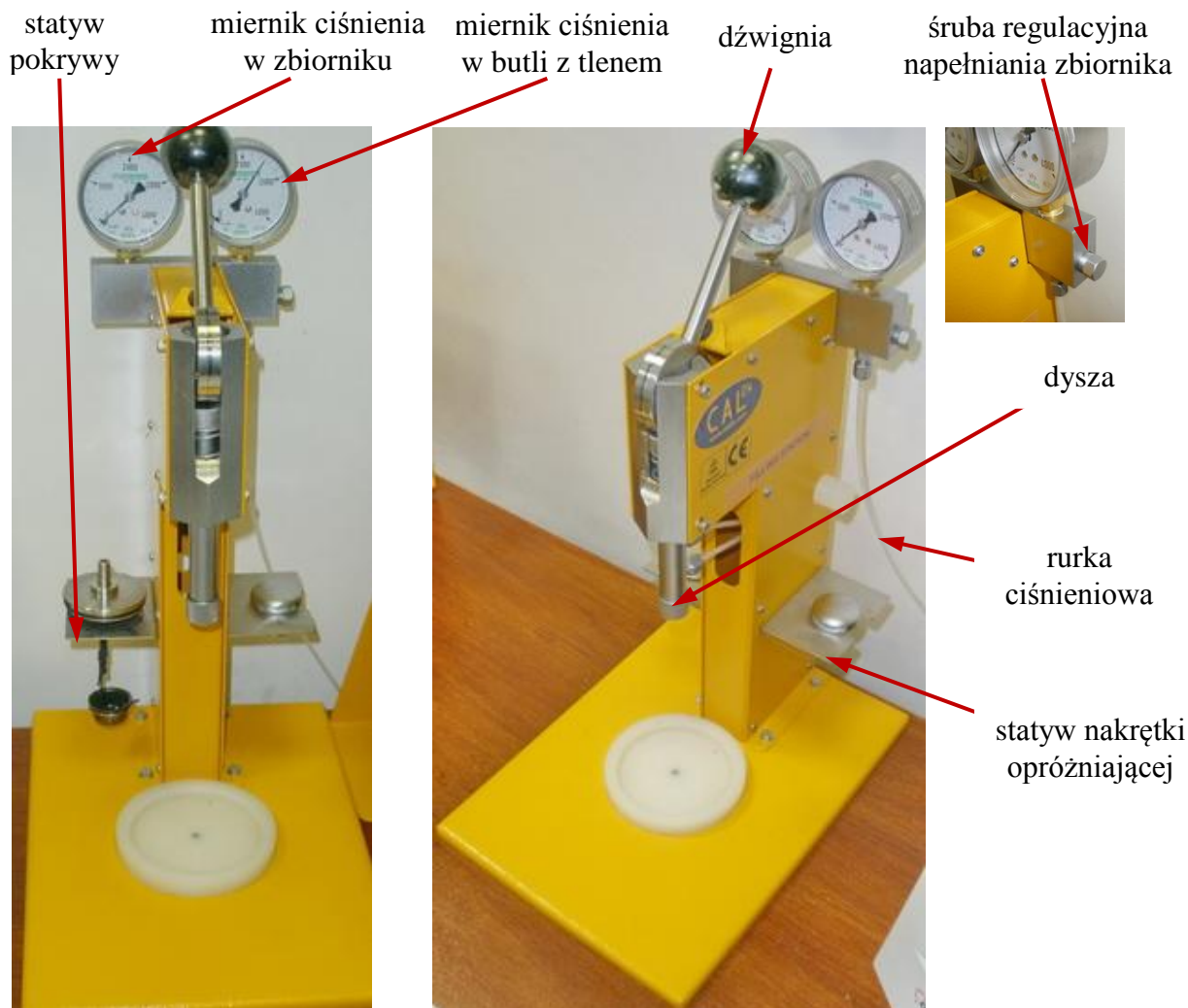
cd. tabeli 1

INITIAL (okres wstępny)	Faza początkowa oznaczania ( $T=x.x$ ), gdzie $x.x$ wynosi 10 min. Zbiornik stabilizuje się, przygotowując do zapłonu.
FIRING (zapłon)	Po zakończeniu okresu wstępnego, w czasie 6 sekund urządzenie aplikuje napięcie zapłonowe do przewodu zapłonowego.
MISSFIRE (niewypał)	Jeżeli w czasie 18 sekund od momentu zapłonu temperatura zbiornika nie podniosła się na tyle, by świadczyło to o zapaleniu próbki paliwa, to wyświetli się ten komunikat. Cały proces przygotowania należy rozpocząć od początku. Możliwe, iż bawełna nie dotyka próbki, zbiornik nie jest napełniony tlenem do 3 MPa (30 bar) lub ustawiono zbyt niskie napięcie zapłonowe.
MAIN (główny czas)	Czas fazy głównej procesu oznaczania ( $T=x.x$ ), gdzie $x.x$ wynosi 10 min.
LID OPEN: ABORTED (pokrywa otwarta: przerwano)	Przerwano oznaczanie wartości opałowej wskutek otwarcia pokrywy podczas fazy głównej.
REMOVE VESSEL (wyjmij zbiornik)	Jeżeli oznaczenie wartości opałowej zostało zakończone, a pokrywa została otwarta, wtedy na wyświetlaczu ukaże się taki napis, nakazujący wyjęcie zbiornika z szybu kalorymetru.
WAIT (czekaj)	Czas oczekiwania pomiędzy oznaczeniami ( $>xx.x$ min). Pokrywa musi być otwarta, a zbiornik wyjęty z szybu kalorymetru.
FIRINGS (liczba zapłonów)	Przed wprowadzeniem wartości masy, gdy zbiornik znajduje się w szybie kalorymetru, wyświetlana jest liczba zapłonów zbiornika. Wartość maksymalna wynosi 5000 i oznacza, że zbiornik trzeba oddać do regeneracji.
CALIBRATION DONE (zakończona kalibracja)	Kalibracja zbiornika przy użyciu tabletek kwasu benzoesowego przebiegła pomyślnie.
FIRING V. FAULTY (usterka zapłonu)	Napięcie na kondensatorach zapłonowych musi mieć wartość równą tej wprowadzonej przez użytkownika. Jeżeli tak nie jest i urządzenie ładuje kondensatory do wstępnie ustawionej wartości, to w przypadku wprowadzenia masy i włożenia zbiornika do szybu kalorymetru wyświetli się ten komunikat. Aktualny stan napięcia kondensatorów można sprawdzić poprzez (FV/). Wyświetlone zostanie $xx.x - yy.y$ , gdzie $xx.x$ jest wartością wstępnie ustawioną przez użytkownika, a $yy.y$ określa aktualne napięcie naładowania kondensatorów.
BOMB TO WARM (bomba zbyt gorąca)	Temperatura zbiornika jest o 12 stopni wyższa od temperatury otoczenia. Należy wystudzić zbiornik przed kolejnym pomiarem (nie wolno wkładać zbiornika do zimnej wody). Można przyjąć, iż temperatura zbiornika jest wyższa o $0\pm 8$ stopni od temperatury otoczenia to jest do zaakceptowania i nie ma wpływu na wyniki.

## Stacja napełniania

Stacja napełniania CAL2K-3 (rys. 4) umożliwia napełnienie zbiornika tlenem o wartości wymaganej do spalenia próbki paliwa (3000 kPa). Zbiornik umieszcza się w kole stacji paliw, wykonanym z tworzywa sztucznego, i następnie, poprzez obniżenie dźwigni tak, by dysza stacji paliw znalazła się idealnie nad zaworem zbiornika, dokonuje się jego napełnienia. Zawór napełniający jest wyregulowany fabrycznie, tak aby zbiornik napełnił się do 3000 kPa w czasie 30 do 45 sekund. Jednocześnie zainstalowane mierniki informują o ciśnieniu w butli

z tlenem oraz ciśnieniu w zbiorniku. Należy pamiętać o bezwzględnym przestrzeganiu zasad BHP podczas napełniania zbiornika oraz nie należy przekraczać dopuszczalnych wartości. Przed rozpoczęciem badania należy się upewnić, czy cały układ napełniania jest szczelny, a po zakończeniu należy natychmiast zakręcić dopływ tlenu.

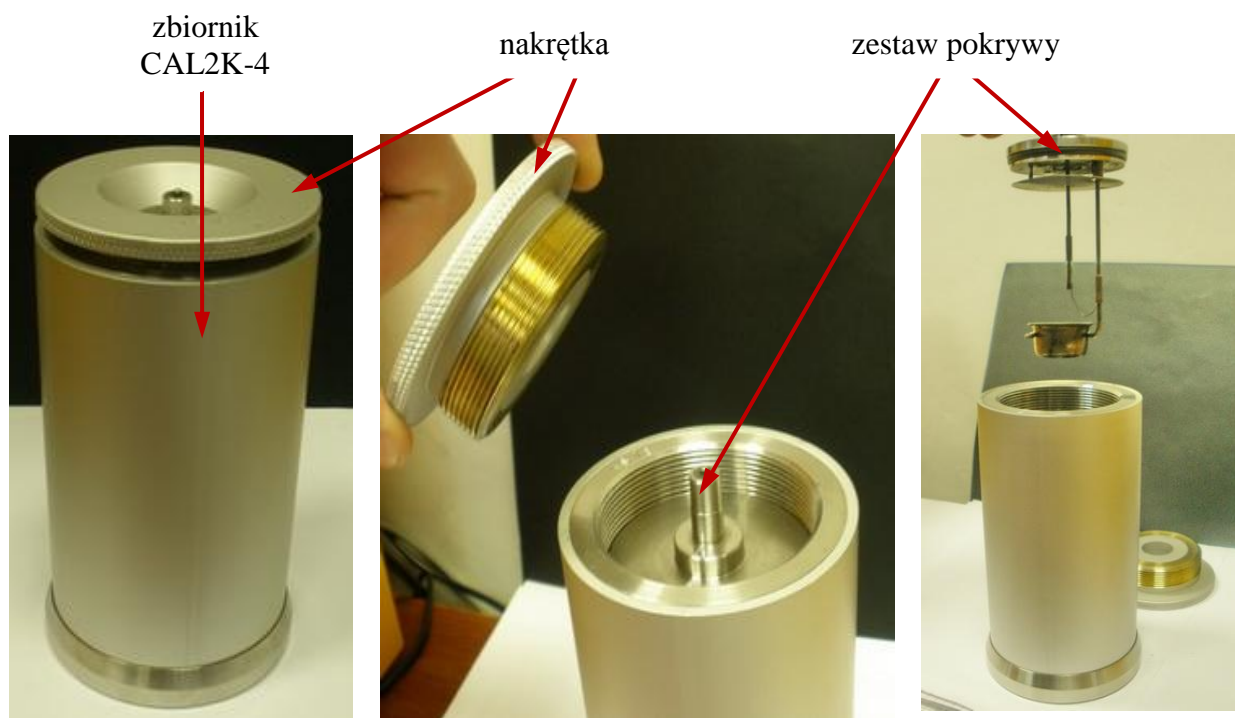


Rys. 4. Stacja napełniania zbiornika tlenem  
Fig. 4. Oxygen tank filling station

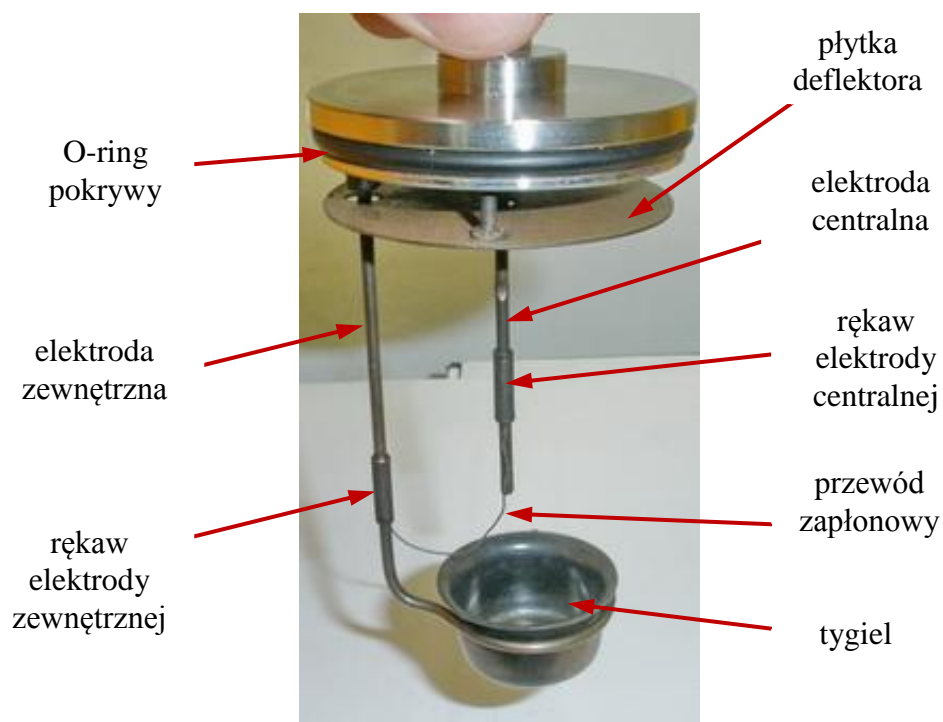
## Zbiornik

Zbiornik (rys. 5) jest elementem zestawu, gdzie zachodzi proces spalania próbki paliwa przy stałej objętości i ciśnieniu w środowisku izotermicznym. Ośmiu skalibrowanych czujników, uśrednionych w taki sposób, by determinować jednakową wartość temperatury, jest wbudowanych w ścianę zbiornika. Rzeczywista rozdzielczość temperatury wynosi  $0,000006^{\circ}\text{C}$ . Zakres pomiaru temperatury zawiera się w granicach  $0\div 65^{\circ}\text{C}$ , natomiast właściwy wzrost temperatury palonej próbki powinien mieścić się pomiędzy  $4\div 12^{\circ}\text{C}$ , co może występować gdziekolwiek na skali pomiędzy  $0$  a  $65^{\circ}\text{C}$ .





Rys. 5. Zbiornik wraz z zestawem pokrywy  
 Fig. 5. The tank lid with a set of

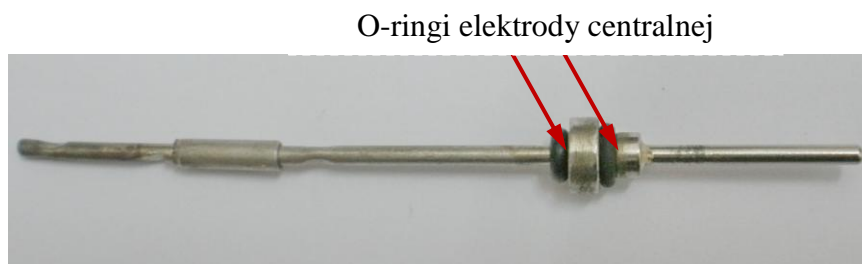


Rys. 6. Kompletny zestaw pokrywy  
 Fig. 6. A complete set of covers

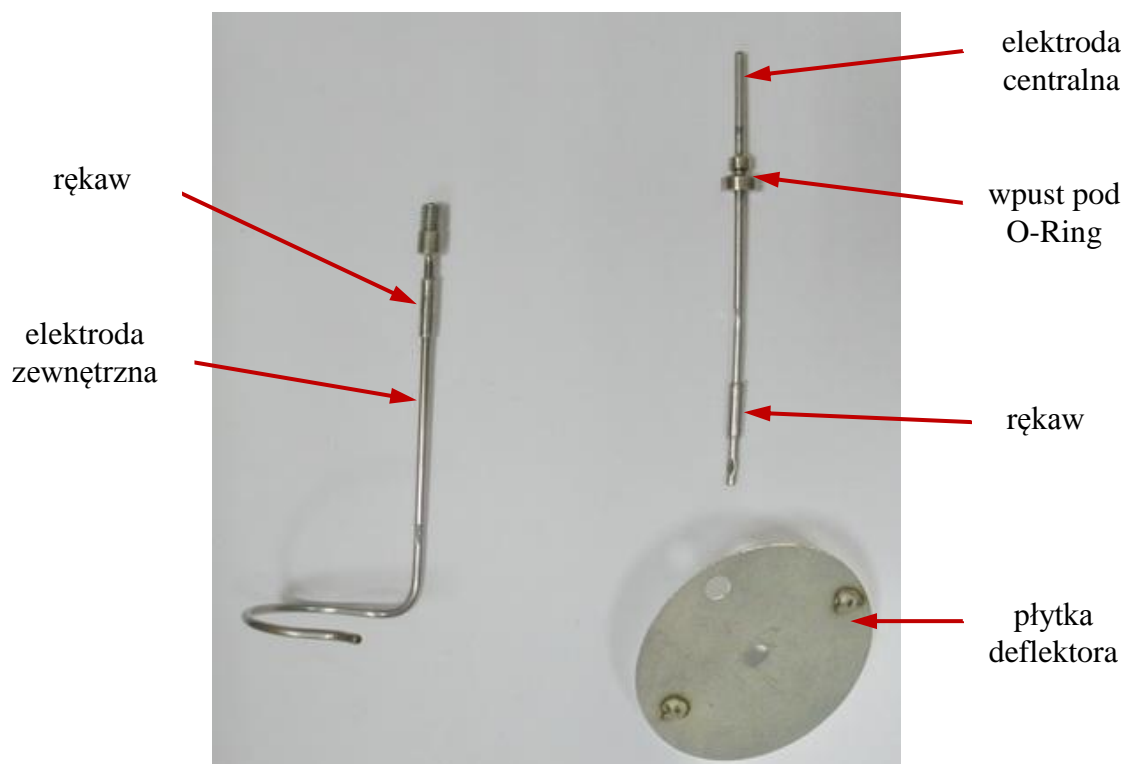
Zbiornik ma pojemność 220 ml, co pozwala na wykorzystanie 0,5 g próbki węglowej o wartości opałowej około 30 MJ/kg. Po oznaczeniu, zbiornik musi zostać wystudzony. Pozostawienie zbiornika w temperaturze pokojowej na 20 minut wystarcza, by jego temperatura obniżyła się do poziomu pozwalającego na wykonanie następnego pomiaru.

Zaleca się, aby temperatura startowa zbiornika podczas wykonywania badania nie była większa od temperatury otoczenia o więcej niż 12°C. Zbiornik przed każdorazowym użyciem należy dokładnie sprawdzić pod względem uszkodzeń fizycznych. Ze względu na panujące wysokie ciśnienie oraz proces spalania, nawet najmniejsze odstępstwo może spowodować wypadek, postaci wybuchu.

W bazę zbiornika wbudowano mikroprocesor. Wszystkie informacje zapisane wewnątrz zbiornika można odczytać w programie zarządzającym CAL2K-ECO. Części elektroniczne i czujniki są zaimpregnowane próżniowo żywicą epoksydową, co chroni je przed wilgocią i uszkodzeniom mechanicznym.



Rys. 7. Zdemonstrowana elektroda centralna  
Fig. 7. The central electrode is removed



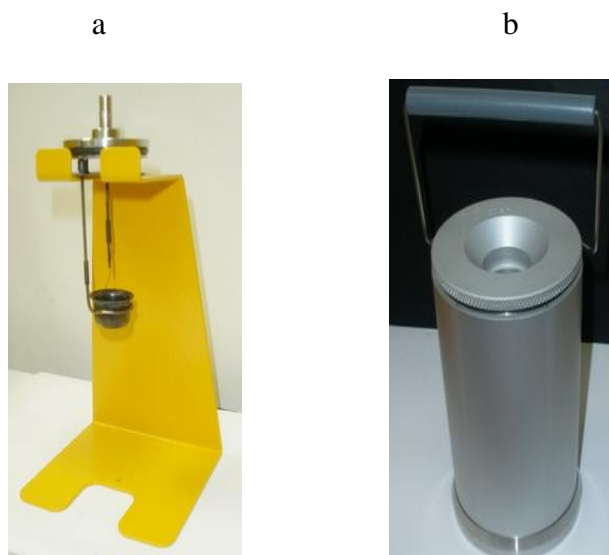
Rys. 8. Zdemonstrowany zestaw pokrywy  
Fig. 8. Set the lid removed

Nieodzowną częścią zbiornika jest zestaw pokrywy, na którą składa się wiele elementów wyszczególnionych na rysunkach 6, 7 i 8. Przepływający przez przewód zapłonowy prąd, łączący elektrody, rozgrzewa go, powodując zapalenie bawełny zapłonowej, a w dalszej



kolejności próbki paliwa znajdującego się w tyglu. Po wykonaniu oznaczenia elementy zestawu pokrywy wymagają oczyszczenia za pomocą papierowego ręcznika i szczotki drucianej. Drut zapłonowy należy tak zamocować pomiędzy elektrodami, aby nie dotykał tygla. Po kilkunastu zapłonach konieczne jest sprawdzenie o-ringów znajdujących się w zestawie pokrywy – dwa znajdują się na elektrodzie centralnej (rys. 7) oraz jeden na denku zestawu pokrywy (rys. 6). Po ponownym montażu elementów zestawu pokrywy nie należy zapomnieć o płycie deflektora, gdyż wykonanie oznaczenia wartości opałowej bez tego elementu może spowodować zniszczenie wszystkich o-ringów. Po uwzględnieniu teoretycznej wartości opałowej paliw samochodowych wykazano, iż maksymalnie do tygla można zaaplikować 0,5 g paliwa. Należy pamiętać, by nie przekraczać tej wartości, gdyż może to prowadzić do uszkodzenia zbiornika.

Na wyposażeniu zbiornika znajdują się 3 elementy, które ułatwiają prace związane z oznaczaniem wartości opałowej. Stanowisko przygotowawcze (rys. 9a) ułatwia prace wykonywane na zestawie pokrywy. Hak operacyjny (rys. 9b) pozwala przede wszystkim na wyjęcie gorącego zbiornika z szybu kalorymetru zaraz po spaleniu próbki paliwa. Z kolei nakrętka opróżniająca (rys. 10) wykorzystywana jest w celu zmniejszenia ciśnienia w zbiorniku. Nakrętkę należy nałożyć na zawór zbiornika i mocno docisnąć, a następnie odczekać 5 minut. Dopiero wtedy możliwe jest bezpieczne odkręcenie nakrętki.



Rys. 9. Dodatkowe elementy wyposażenia: a) stanowisko przygotowawcze, b) hak operacyjny  
Fig. 9 Additional items of equipment: a) a preparatory position, b) hook operating



Rys. 10. Widok nakrętki opróżniającej, nałożonej na zawór zbiornika  
Fig. 10. View nuts drain imposed on the tank valve

### 3. PODSUMOWANIE

Mimo iż wartość opałowa jest tak ważnym parametrem oceny paliw, to stosunkowo niewiele jest informacji stricte odnoszących się do zakresu jej prawidłowej wartości. Co prawda w literaturze ostatnich dziesięciu lat zaczynają pojawiać się informacje na ten temat, aczkolwiek wartości w poszczególnych źródłach nieznacznie różnią się od siebie. Na przestrzeni lat wzrost wymagań jakościowych w stosunku do benzyn negatywnie wpływał na wartość kalorymetryczną. Obecnie pojawiają się na rynku nowe gatunki paliw, jednak nie wiadomo, czy wprowadzanie nowych dodatków do tych benzyn wpływa pozytywnie na ich wartość opałową. Można postawić pytanie, czy trend spadkowy wartości opałowej utrzymuje się dalej, a także czy wartość kalorymetryczna benzyn znajduje się na deklarowanym przez normy [5, 6] poziomie 42,6 MJ/kg.

Generalnie paliwo jest bardzo skomplikowanym produktem wymagającym precyzji i staranności nie tylko przy produkcji, ale również w transporcie, magazynowaniu i dystrybucji. Spełnienie wymagań wobec tak wielu parametrów wymaga kwalifikacji, odpowiednich urządzeń i systemów kontroli całego procesu.

#### Bibliografia

1. Maćkowski J.: Wartość opałowa benzyny silnikowej. Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji, t. 9, 2000, nr 78, s. 25÷30
2. Niedziółka I., Szpryngiel M.: Ocena cech jakościowych peletów wytworzonych z biomasy roślinnej. Inżynieria Rolnicza, t. 16, 2012, nr 2, s. 267÷276
3. Maćkowski J.: Wpływ benzyny na zanieczyszczenie silnika. Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji. t. 12, 2003, nr 112, s. 25÷35
4. Długajczyk Ł.: Pomiar wartości opałowej samochodowej benzyny bezołowiowej na przykładzie stacji benzynowej z województwa śląskiego. Praca magisterska, 2011, promotor dr inż. Robert Wieszala
5. Dziennik Ustaw Nr 3 poz. 12 z dnia 9 stycznia 2008 - w sprawie wartości opałowej poszczególnych biokomponentów i paliw ciekłych
6. PN-EN 14275:2005 – ocena jakości benzyn i olejów napędowych. Pobieranie próbek z dystrybutorów detalicznych i przemysłowych,