

Temat :

Proces spalania paliw

Obliczanie procesu spalania

**Urządzenia do spalania paliw. Zasady spalania
paliw w kotłach**

Palniki i ich rodzaje.



Literatura

- 1) Hermann Recknagel, Eberhard Sprenger , Ernst Schramek :
„Kompendium wiedzy. Ogrzewnictwo, klimatyzacja, ciepła woda,
- 2) Ryszard Tytko: „Urządzenia i systemy energetyki odnawialnej”,
- 3) Albers Joachim „Systemy centralnego ogrzewania i wentylacji.
Poradnik dla projektantów i instalatorów”,
- 4) Halina Koczyk: „Ogrzewnictwo praktyczne”,
- 5) www.instsani.pl,
- 6) www.viessmann.pl,
- 7) www.pgnig.pl

Temat :

Proces spalania paliw.

Obliczanie procesu spalania.

Spalanie paliw

Rozwój techniki, poziomu życia oraz szybki wzrost gospodarczy państw zwiększył zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepłą.

Aby zaspokoić tak duży popyt, wzrosło zużycie paliw kopalnych.

Większość produkowanej w elektrowniach energii elektrycznej oraz ciepłej w elektrociepłowniach pochodzi z paliw kopalnych - węgla, ropy i gazu, których spalanie uwalnia olbrzymie ilości dwutlenku węgla.

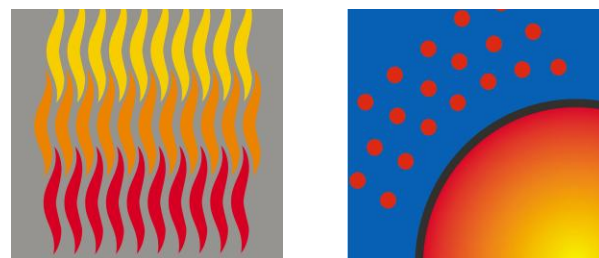
Na przykład stężenie dwutlenku węgla wzrosło o 25 %
w ciągu ostatnich 20 lat.



Paliwo – substancja wydzielająca przy intensywnym utlenianiu duże ilości ciepła.

Energia uzyskana ze spalania paliwa wykorzystywana jest:

- przez maszynę lub zespół maszyn i urządzeń do produkcji energii mechanicznej,
- przez kocioł do celów grzewczych lub procesów technologicznych.



PODZIAŁ PALIW:

Ze względu na stan skupienia dzielą się na:

- paliwa stałe,
- paliwa ciekłe,
- paliwa gazowe.

Paliwa ze względu na pochodzenie dzielą się na:

- paliwa naturalne,
- paliwa sztuczne.

PALIWA STAŁE

Paliwa **naturalne** to:

- węgiel kamienny
- węgiel brunatny
- torf
- drewno



Paliwa **sztuczne** poddane różnego rodzaju obróbce mającej na celu poprawę parametrów paliw naturalnych:

- brykiety węglowe
- brykiety z węgla brunatnego
- koks

PALIWA PŁYNNE

Paliwa **naturalne** to:

- ropa naftowa

Paliwa **sztuczne** to:

- benzyna
- nafta
- oleje napędowe, oleje opałowe
- mazut, benzen

Oleje opałowe są głównie produktem dysocjacji ropy naftowej.

Dzieli się ja na:

- oleje lekkie
- oleje średnie
- oleje ciężkie

PALIWA GAZOWE

Paliwa **naturalne** to:

- gaz ziemny

Paliwa **sztuczne** to:

- gaz miejski
- gaz koksowniczy
- gaz płynny propan-butan
- gazy przemysłowe

PALIWA GAZOWE

Wśród trzech używanych powszechnie paliw pierwotnych - węgla, oleju opałowego i gazu ziemnego, właśnie gaz ziemny jest źródłem energii najbardziej przyjaznym dla środowiska. Również wydobycie i przesyłanie gazu ziemnego odbywa się w sposób przyjazny dla środowiska i otoczenia.

W skład gazu ziemnego wchodzi prawie wyłącznie metan i obojętny azot, nie występuje w nim siarka oraz metale ciężkie np. kobalt, ołów, rtęć. Dzięki temu w procesie spalania nie tworzą się pyły, dwutlenek siarki i nie powstają stałe odpady spalania, jak popiół, żużel czy sadze.

W porównaniu z węglem i olejem opałowym spalany gaz ziemny emituje znacznie mniej tlenków azotu, jak również tlenku węgla oraz dwutlenku węgla powodującego groźny dla klimatu Ziemi tzw. "efekt cieplarniany".

PALIWA GAZOWE

Gaz ziemny jest naturalnym paliwem wydobywanym ze złóż znajdujących się w skorupie ziemskiej. Stanowi mieszaninę gazów - metanu z innymi gazami palnymi oraz związkami niepalnymi.

Skład gazu zależy od miejsca jego wydobywania oraz istotnie zależy od technologii zgazowania.

Zawartość metanu powoduje, iż w procesie spalania nie tworzą się pyły i nie powstają stałe odpady. W wyniku różnorodnych procesów chemicznych skład gazu ulega zmianom i końcowym produktem jest gaz ziemny przystosowany do transportu siecią gazociągów i użytkowania go w coraz większej liczbie urządzeń opartych na technologii gazowej.

PALIWA GAZOWE

Gazem ziemnym nazywamy mieszaninę gazów i par wydobywanych z ziemi zawierającą znaczne ilości metanu (do 98% dla gazu wysokometanowego). Gaz ziemny jest surowcem mineralnym znajdującym się w skorupie ziemskiej w postaci złóż. Gaz ziemny wydobywany jest ze złóż poprzez odwierty.

Złoża gazu ziemnego usytuowane są często wraz ze złożami ropy naftowej. Gaz ziemny może również występować w złożach czysto gazowych będących naturalnymi zbiornikami.

Technologiczne wzbogacenie gazu ziemnego polega na eliminowaniu z jego składu cząstek stałych, pary wodnej, związków siarki i innych substancji niepożądanych. Transport gazu ziemnego odbywa się siecią gazociągów.

Nawanie - gaz ziemny podlega procesowi nawaniania. Działanie to służy nadaniu mu specyficznego zapachu wyczuwalnego w przypadku wystąpienia nieszczelności instalacji gazowej, a w konsekwencji zwiększa bezpieczeństwo jego użytkowania.

PALIWA GAZOWE

1. Gaz ziemny wysokometanowy typu E (dawniej GZ-50):

* ciepło spalania - zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 2 lipca 2010r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu gazowego (Dz.U.2024.517) - nie mniejsze niż $34,0 \text{ MJ/m}^3$ ¹⁾ – Taryfa jednakże stanowi, że nie może być mniejsze niż $38,0 \text{ MJ/m}^3$, za standardową przyjmując wartość $39,5 \text{ MJ/m}^3$

* wartość opałowa - nie mniejsza niż $31,0 \text{ MJ/m}^3$ ¹⁾

* przykładowy skład:

- metan (CH_4) - około 97,8 %
- etan, propan, butan - około 1%
- azot (N_2) - około 1%
- dwutlenek węgla (CO_2) i reszta składników - 0,2 %

PALIWA GAZOWE

2. Gaz ziemny zaazotowany typu Ls (dawniej GZ-35)

* ciepło spalania - zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 2 lipca 2010r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu gazowego (Dz.U.2024.517) nie mniejsze niż 26,0 MJ/m³ ¹⁾) – za standardową przyjmując wartość 27,9 MJ/m³

* wartość opałowa - nie mniejsza niż 24,0 MJ/m³ ¹⁾

* przykładowy skład:

- metan (CH₄) - około 71%
- etan, propan, butan - około 1%
- azot (N₂) - około 27%
- dwutlenek węgla (CO₂) i reszta składników - 1%

PALIWA GAZOWE

3. Gaz ziemny zaazotowany typu Lw (dawniej GZ-41,5)

* ciepło spalania - zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 2 lipca 2010r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu gazowego (Dz.U.2024.517) - nie mniejsze niż $30,0 \text{ MJ/m}^3$ ¹⁾ – za standardową przyjmując wartość $31,0 \text{ MJ/m}^3$

* wartość opałowa - nie mniejsza niż $27,0 \text{ MJ/m}^3$ ¹⁾

* przykładowy skład:

- metan (CH_4) - około 79%
- etan, propan, butan - około 1%
- azot (N_2) - około 19,5%
- dwutlenek węgla (CO_2) i reszta składników - 0,5%

Paliwa i ich rodzaje

PALIWA GAZOWE



Mapa Systemu Dystrybucji

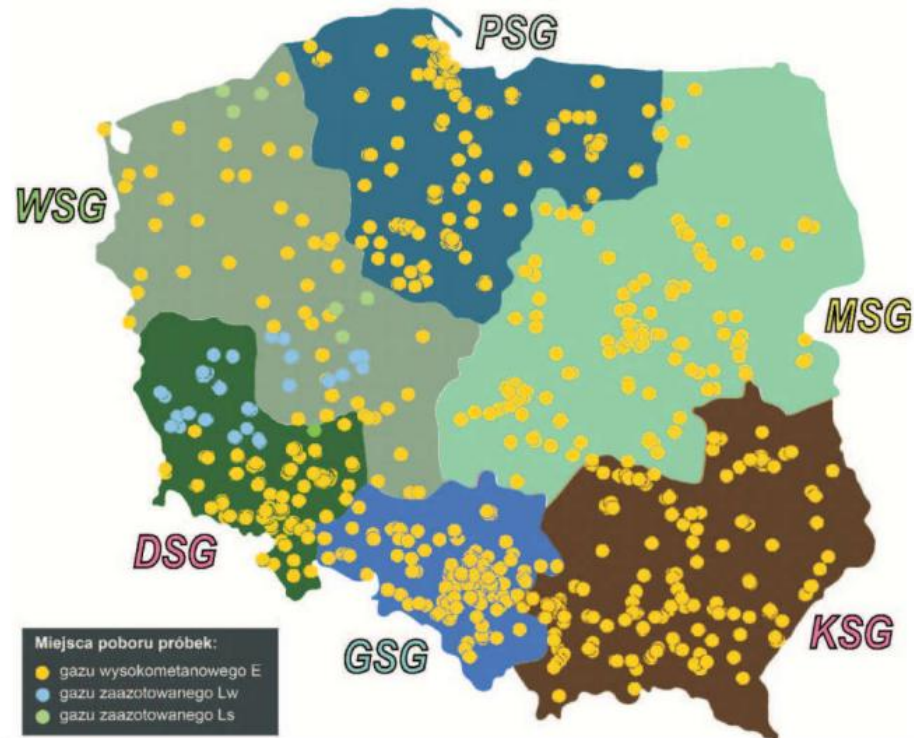
Stan: IV kwartał 2021 r.



www.psgaz.pl

Paliwa i ich rodzaje

PALIWA GAZOWE

Sieciowy gaz ziemny (metan) - lokalizacja w Polsce

gazociąg systemu gazu **E** (gaz ziemny wysokometanowy **G20 2E** – dawniej GZ-50) – *najbardziej powszechnie występujący gaz w Polsce*

gazociąg systemu gazu **Lw** (gaz ziemny zaazotowany **G27** – dawniej GZ-41,5) – *w województwie: Lubuskim, Dolnośląskim i Wielkopolskim*

gazociąg systemu gazu **Ls** (gaz ziemny zaazotowany **G2.350** – dawniej GZ-35) – *w okolicach Koszalina, Kołobrzegu, Białogardu, Żmigrodu*

[/www.dynacook.pl/wp-content](http://www.dynacook.pl/wp-content)

PALIWA GAZOWE

4. Gaz propan – butan – powietrze grupy GPP:

* ciepło spalania - zgodnie z Taryfą nie może być mniejsze niż 23,3 MJ/m³, za standardową przyjęta została wartość 24,0 MJ/m³

5. Gaz propan – butan – rozprężony grupy B/P:

* ciepło spalania - zgodnie z Taryfą nie może być mniejsze niż 111,6 MJ/m³, za standardową przyjęta została wartość 115,0 MJ/m³

1) Warunki odniesienia dla procesu spalania i objętości: t_1/t_2 - 298,15 K (25°C)/273,15 K (0°C), $p_1=p_2=101,325$ kPa

PALIWA GAZOWE

Gaz ziemny jest bezpiecznym paliwem, jeżeli przy jego stosowaniu są przestrzegane następujące zasady:

- przewody spalinowe i wentylacyjne są drożne i utrzymywane w należytej sprawności (przeglądy przynajmniej raz na rok),
- instalacja gazowa jest szczelna, utrzymywana w odpowiednim stanie technicznym i poddawana obowiązkowemu sprawdzeniu co najmniej raz w roku,
- urządzenia gazowe są utrzymywane w odpowiednim stanie technicznym,
- nie są dokonywane samowolnie przeróbki i naprawy instalacji gazowych,
- nie są dokonywane manipulacje przy gazomierzu,
- nie są podłączane dodatkowe urządzenia gazowe z pominięciem wymagań określonych w Prawie Budowlanym, dotyczących:
 - wykonania projektu budowlanego instalacji,
 - uzyskania protokołu z próby szczelności,
 - uzyskania protokołu/opinii dot. sprawdzenia przewodów wentylacyjnych i spalinowych,
 - wykonania instalacji przez uprawnionego wykonawcę,
 - uzyskania prawomocnego potwierdzenia zgłoszenia zakończenia budowy instalacji.

PALIWA STAŁE

Drewno

jest najstarszym paliwem ludzkości, jego wartość opałowa zależy od rodzaju drewna (drewno twarde – bukowe i dębowe ma najwyższą wartość opałową, drewno z drzew iglastych ma w odniesieniu do metra sześciennego najmniejszą wartość opałową).

Całkowicie suche drewno składa się z ok. 50% węgla, 43% tlenu oraz 1% wodoru.

Pelety drewniane

Składają się z wysuszonych, naturalnie pozostawionych resztek drewna. Resztki te są miażdżone i prasowane pod wysokim ciśnieniem i formowane w cylindryczne grudki.

W porównaniu do paliw kopalnych 2 kg granulatu odpowiada 1 l oleju opałowego i 1m³ gazu ziemnego.

PALIWA STAŁE

Węgiel

W technice grzewczej wykorzystuje się węgiel kamienny i brunatny.

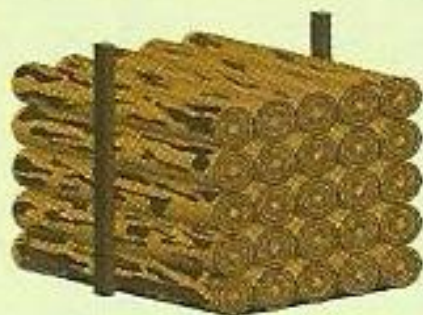
Węgiel kamienny powstał przed około 500 mln lat, brunatny 300 mln lat temu.

Proces zwęglania następuje w dwóch etapach:

- początkowo w wyniku biochemicznego zwęglania tworzy się torf, potem przy postępującym zagłębianiu w podłoże ziemne i dalszym nakładaniu się warstw na skutek sedymentacji – węgiel brunatny, następnie z niego węgiel kamienny a na koniec antracyt.

PALIWA STAŁE I CIEKŁE

Wartość opałowa 450 kg wysuszonego na powietrzu drewna z drzew liściastych odpowiada wartości opałowej 425 kg granulatu drewnianego lub 210 l oleju opałowego lub 385 kg brykietów węgla brunatnego i wynosi ok. 2100 kWh.



450 kg wysuszone na powietrzu drewno z drzew liściastych



450 kg granulatu drewnianego



210 l olej opałowy



385 kg brykiety węgla brunatnego

[Źródło 3]

PALIWA CIEKŁE

Olej opałowy jest pozyskiwany z ropy naftowej. Jest ona, tak jak węgiel nośnikiem energii, powstałym ze szczątków roślinnych i zwierzęcych przed wieloma milionami lat.

Podczas wytwarzania oleju opałowego w rafinerii zostają oddzielone niepożądane składki np. siarka. Olej opałowy zmieszany z kilkoma komponentami spełnia wymagania jakościowe wysokogatunkowego paliwa.

Wyróżnia się następujące oleje opałowe (w Niemczech):

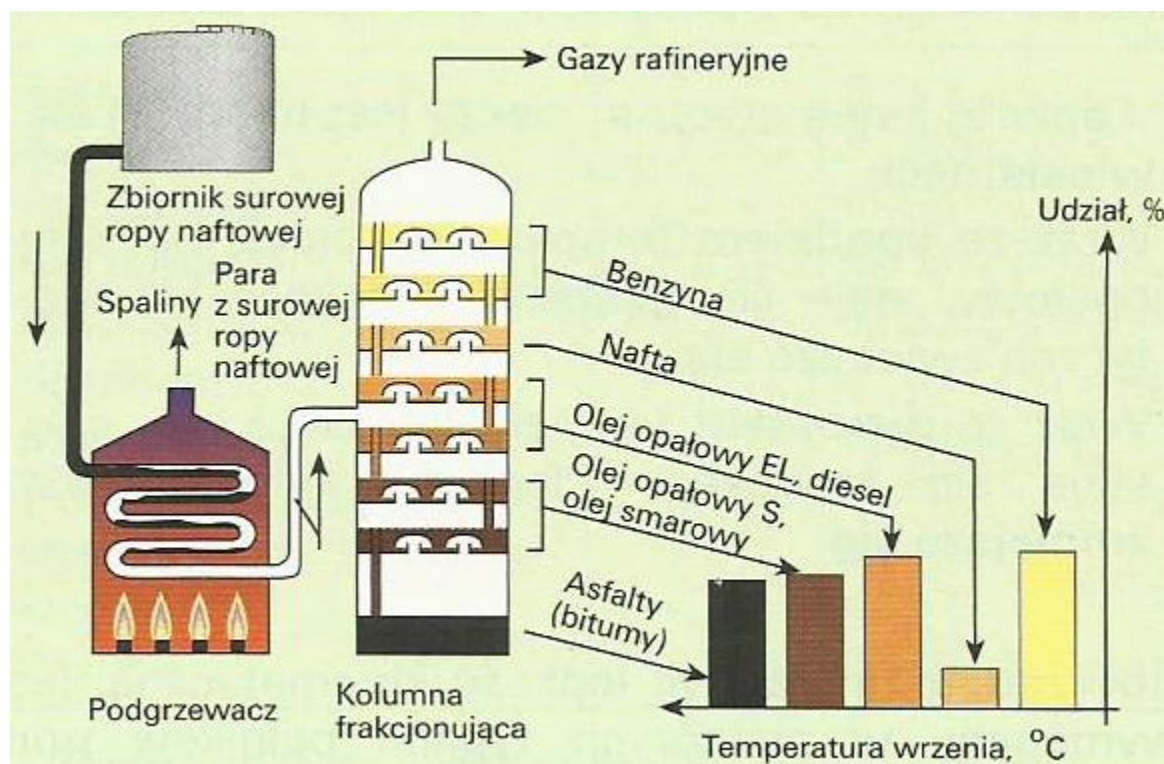
- EL – ekstralekki olej opałowy – standard,
- EL – ekstralekki olej opałowy – z małą zawartością siarki,
- L (w Polsce L-1, L-2) – lekki olej opałowy,
- M – średniociężki olej opałowy,
- S (w Polsce C-1, C-2, C-3) – olej ciężki opałowy.

PALIWA CIEKŁE

Ekstralekki olej opałowy EL jest stosowany do ogrzewania mieszkań.

Składa się z :

- **węgla C - 86%,**
- **wodoru H – 13%,**
- **siarki S – 0,2%,**
- **azotu N – 0,5%,**
- **tlenu O₂ – 0,2%.**



[Źródło 3]

PALIWA CIEKŁE

Parametry olejów opałowych:

Gęstość - ρ - zależy od temperatury i jest podawana dla temperatury 15st C.
Gęstość oleju EL $\rho_{\max} = 860 \text{ kg/m}^3$.

Zawartość siarki – zawartość siarki w oleju opałowym określa udział naturalnie chemicznie związanej siarki. Dla oleju opałowego EL maksymalna dopuszczalna zawartość siarki wynosi 0,20%.

Temperatura zapłonu – temperatura zapłonu oleju opałowego EL znajduje się powyżej 55 stC.

[Źródło 3]

PALIWA CIEKŁE

Parametry olejów opałowych:

Lepkość kinematyczna ν - podawana jest w temperaturze 20stC. Lepkość kinematyczna jest miarą zawiesistości. Wraz ze spadkiem temperatury olej opałowy staje się gęstszy- lepkość kinematyczna zwiększa się.

Wraz ze wzrostem temperatury olej staje się rzadszy a lepkość kinematyczna maleje.

Aby zmniejszyć lepkość kinematyczną wymagany jest w niektórych palnikach podgrzew oleju.

Cloudpoint – wartość graniczna filtracyjności.

Cloudpoint oleju opałowego jest to temperatura w której występuje pierwsze zmętnienie.

Cloudpoint oleju opałowego (tworzenie się zmętnienia) znajduje się w temp ok. 3stC. [Zródło 3]

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Reakcję chemiczną w której bierze udział tlen i produktami reakcji są tlenki nazywamy **utlenianiem**.

SPALANIE

to proces chemicznego łączenia się paliw z tlenem zawartym w powietrzu.

Zjawisku temu towarzyszy płomień i wysoka temperatura.



Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Ciepło które zostaje uwolnione w procesie spalania, wykorzystujemy do ogrzania mieszkań, ugotowania posiłków i napędu różnego rodzaju pojazdów.

Niezbędne warunki procesu spalania:

- musi być paliwo,
- osiągnięcie temperatury zapłonu, w której następuje utlenianie składników paliwa,
- dostarczenie tlenu w ilości zapewniającej całkowite utlenienie pierwiastków i związków palnych.

Temperatura zapłonu

Temperatura zapłonu jest to najniższa temperatura, która musi być osiągnięta, w celu zapoczątkowania i samoistnego podtrzymania procesu spalania.

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Paliwo	Temperatura zapłonu, °C
Brykiety węgla brunatnego	200 - 250
Drewno	200 - 300
Olej opałowy	330 - 360
Butan	460
Węgiel kamienny (antracyt)	470 - 500
Propan	510
Gaz ziemny	600 - 670

Zapotrzebowanie tlenu i powietrza

Warunkiem nieodzownym zupełnego spalania paliwa jest dokładne wymieszanie go z powietrzem.

W tym celu konieczne jest doprowadzenie powietrza z pewnym nadmiarem.

$$\lambda = \frac{L}{L_t}$$

Nadmiar powietrza

Określony jest współczynnikiem nadmiaru λ wyraża on stosunek rzeczywistej doprowadzonej ilości powietrza L do teoretycznego zapotrzebowania powietrza L_t

TEORETYCZNE ZAPOTRZEBOWANIE TLENU I POWIETRZA L_t

Znając skład paliwa

c [kg/kg] węgla

h [kg/kg] wodoru

s [kg/kg] siarki

o [kg/kg] tlenu

oraz posługując się równaniami stechiometrycznymi ilość tlenu jaką należy dostarczyć do zupełnego spalania 1kg paliwa określa się ze wzorów:

Obliczenia - proces spalania

$$(O_t)_m = 8/3c + 8h + s - o \quad \text{kg/kg paliwa}$$

Ponieważ 1kg powietrza zawiera 0,21 kg tlenu to ilość powietrza potrzebnego do spalania 1kg paliwa wyniesie:

$$(L_t)_m = 1/0,21 (8/3c + 8h - o + s) \quad \text{kg/kg paliwa}$$

Wiedząc, że objętość właściwa tlenu wynosi $22.42/32 \text{ U m}^3/\text{kg}$, a udział objętościowy tlenu w paliwie wynosi 0,21; objętość tlenu $(O_t)_v$ i powietrza $(L_t)_v$ określić możemy ze wzorów:

$$(O_t)_v = 22.42/32 (O_t)_m = 0,7(8/3c + 8h - o + s) \quad [\text{m}^3/\text{kg paliwa}]$$

$$(L_t)_v = (O_t)_v / 0,21 = [22.42/(32 \cdot 0,21)] \cdot (8/3c + 8h - o + s) =$$
$$8,9 [c + 3(h - o/8) + s] \quad [\text{m}^3/\text{kg paliwa}]$$

NADMIAR POWIETRZA

$$\lambda = L/L_t$$

dobór współczynnika λ

zależy od:

- rodzaju paliwa
- typu paleniska

Rodzaj paliwa	Współczynnik λ
Węgiel kamienny	1,5 - 2,2
Olej opałowy	1,1 – 1,2
Gaz ziemny	1,05 – 1,2

SPALANIE ZUPEŁNE

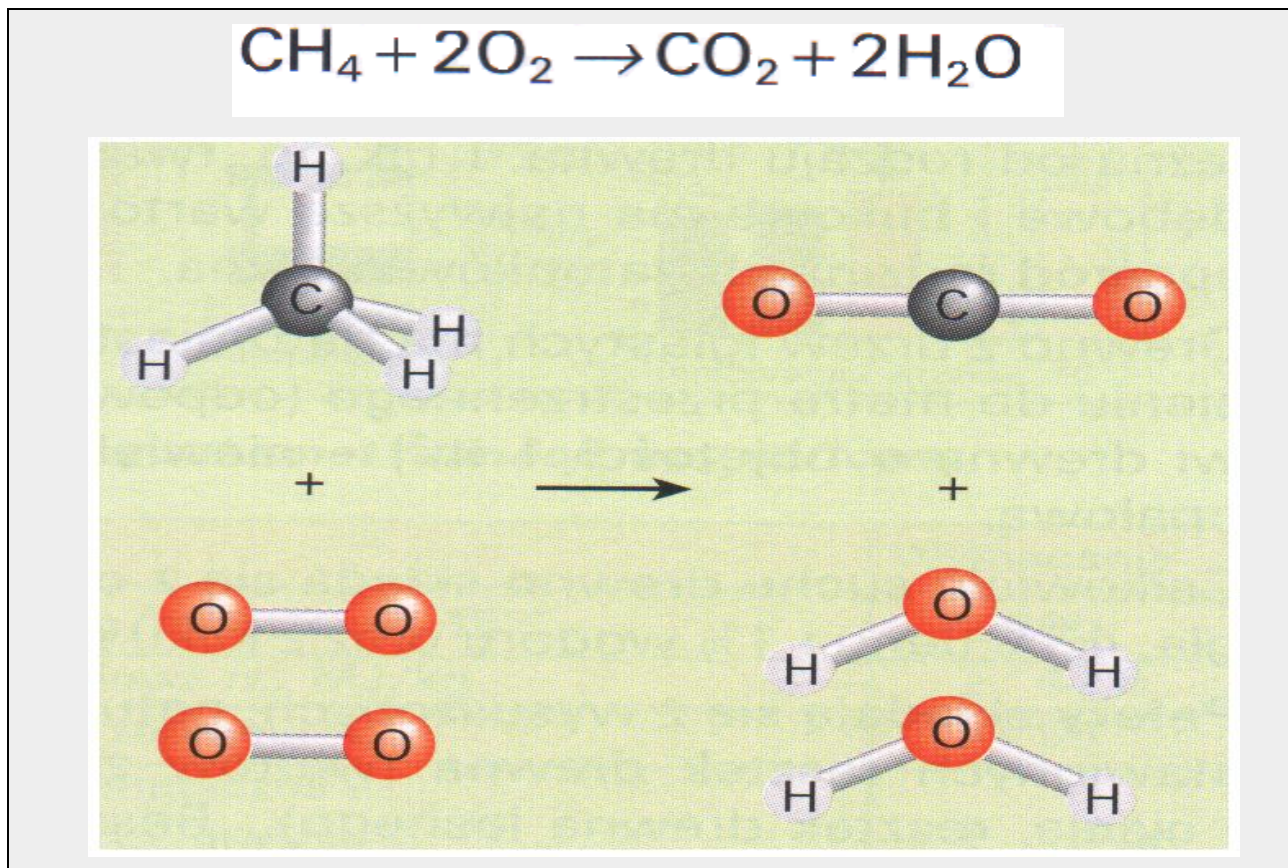
polega na całkowitym spalaniu gazowych składników palnych oraz węgla na CO_2 i parę wodną .

Ilość ciepła, jakie otrzymamy ze spalenia 1 kg paliwa, jest wówczas największa.

O spalaniu zupełnym gazu mówimy gdy spaliny zawierają

- CO_2 ,
- H_2O ,
- N_2 ,
- O_2

SPALANIE ZUPEŁNE



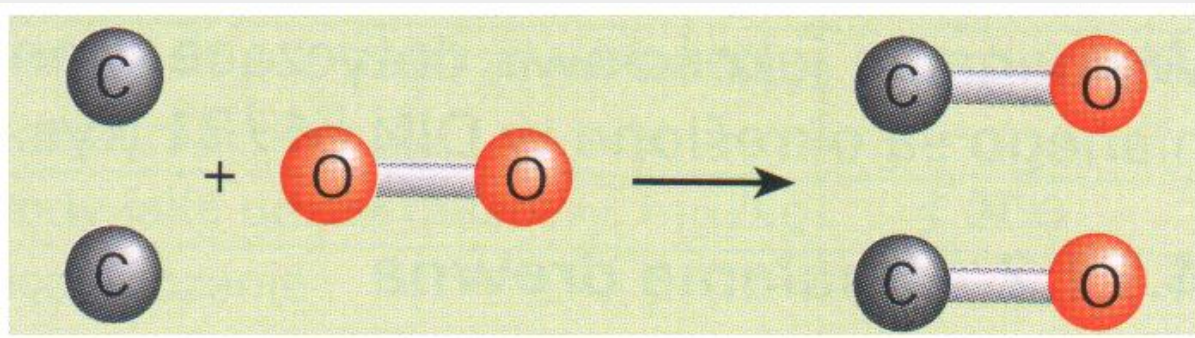
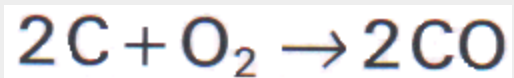
Źródło [3]

SPALANIE NIEZUPEŁNE

polega na nie spalaniu gazowych składników palnych lub też na częściowym utlenianiu węgla na CO zamiast na CO₂.

Zjawisko spalania niezupełnego wynika z niedostatecznej ilości tlenu doprowadzanego do procesu spalania lub też złego wymieszania z powietrzem

SPALANIE NIEZUPEŁNE



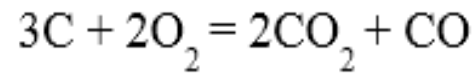
Źródło [3]

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Spalanie zupełne na przykładzie węgla $C + O_2 = CO_2$

Spalanie niezupełne $2C + O_2 = 2CO$

W praktyce w spalinach występują jednocześnie oba te składniki np.



Prawidłowym jest spalanie całkowite i zupełne co oznacza, iż wszystkie palne składniki paliwa uległy spalaniu do postaci ostatecznej i w spalinach nie ma już palnych cząstek.

WARTOŚĆ OPAŁOWA H i

To ilość ciepła powstającego wskutek całkowitego i zupełnego spalania 1 kg paliwa stałego lub ciekłego, albo 1 m³ paliwa gazowego , przy założeniu, że produkty spalania zostaną ochłodzone do temperatury początkowej, natomiast woda powstająca w czasie spalania pozostanie w postaci pary

kJ/kg , kJ/ m^3

kWh/kg , kWh/ m^3

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Przykładowe wartości opałowe paliw:

- węgiel – 21,8 MJ/kg
- olej – 42,3 MJ/kg
- gaz ziemny – 36,0 MJ/m³

Minimalne wartości opałowe gazu:

- 24,0 MJ/m³ – gaz typu Ls (GZ-35)
- 27,0 MJ/m³ – gaz typu Lw (GZ-41,5)
- 31,0 MJ/m³ – gaz typu E (GZ-50)

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Biopaliwo	Wilgotność %	Wartość energetyczna MJ/kg
Zrębki	20-60	6-16
Pelety	7-12	16,5-17,5
Słoma żółta	10-20	14,3
Słoma szara	10-20	15,2
Drewno w kawałkach	20-30	11-22
Kora	55-65	18,5-20

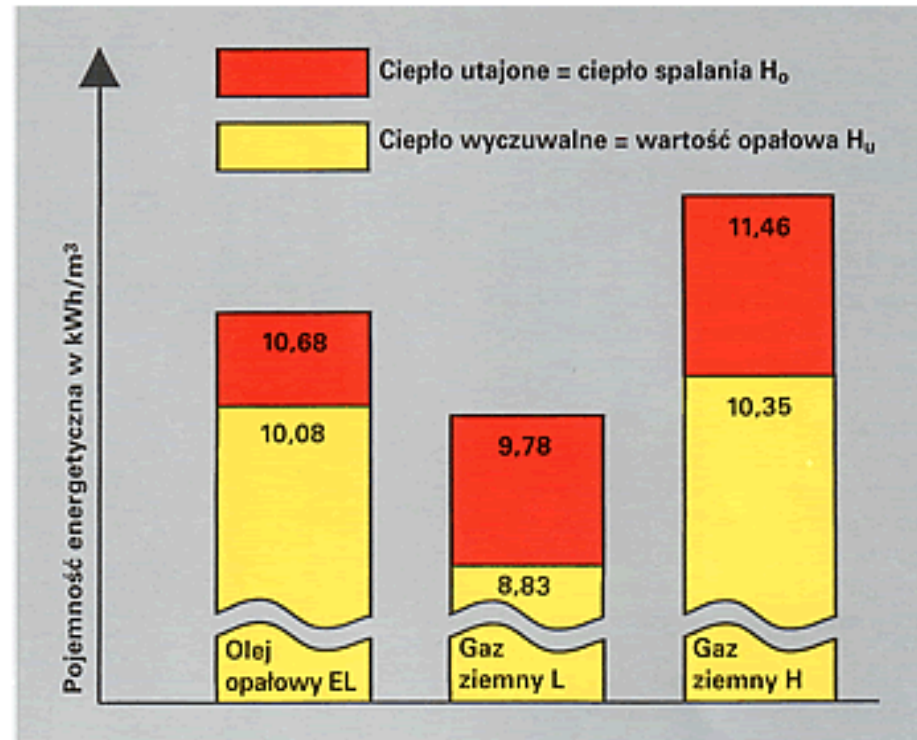
CIEPŁO SPALANIA H_s

jest to energia odniesiona do ilości paliwa, która wydzieli się przy pełnym spalaniu materiału, jeśli powstała podczas spalania para wodna ulegnie kondensacji i odda swoje ciepło parowania.

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

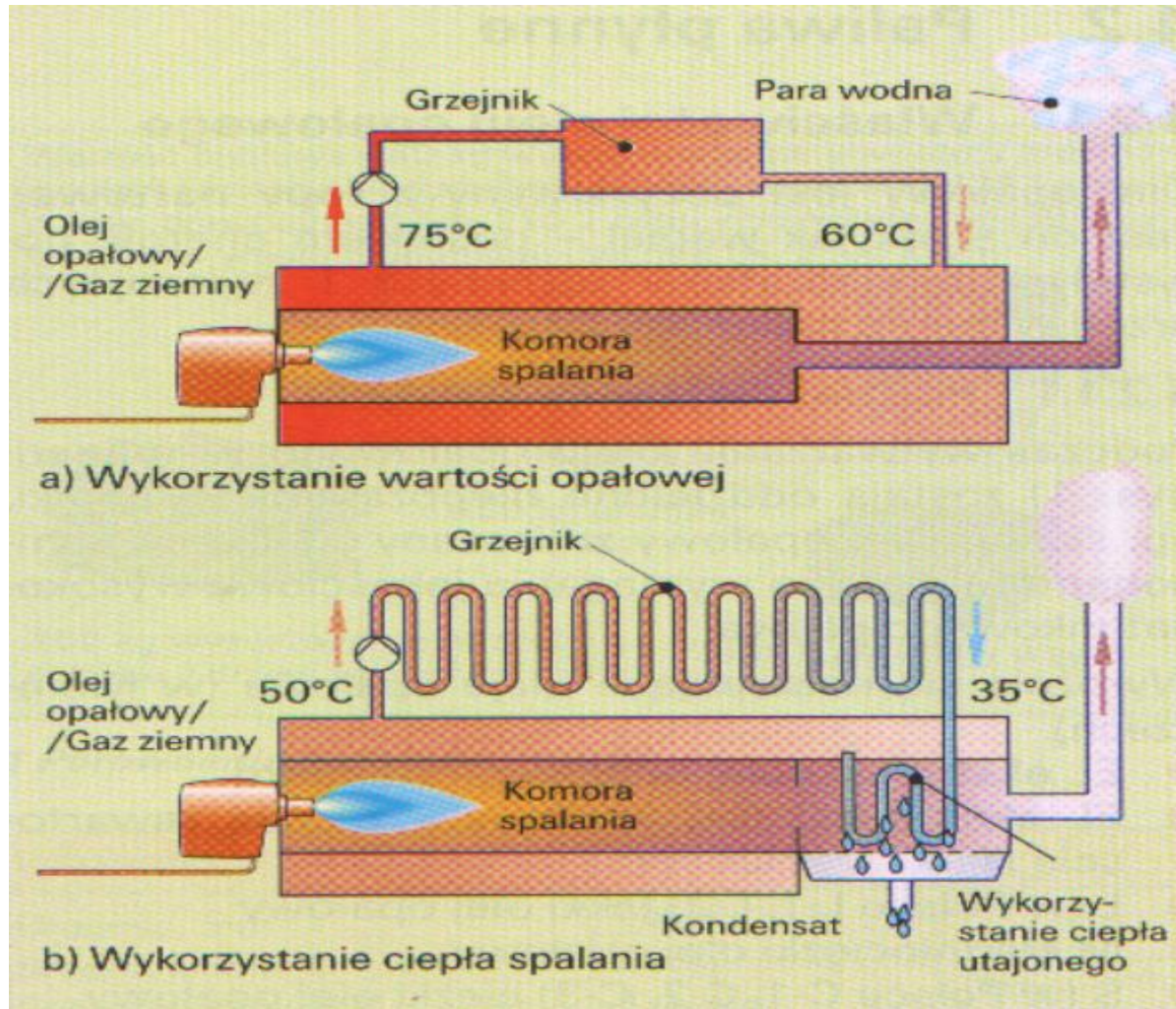
Ponieważ spaliny mają zazwyczaj temperaturę wyższą od 100°C zawarta w nich wilgoć nie ulega skraplaniu.

Ilość ciepła zmniejszona w stosunku do $[H_s]$, o ciepło parowania wody zawarte w spalinach nazywa się wartością opałową paliw $[H_i]$.



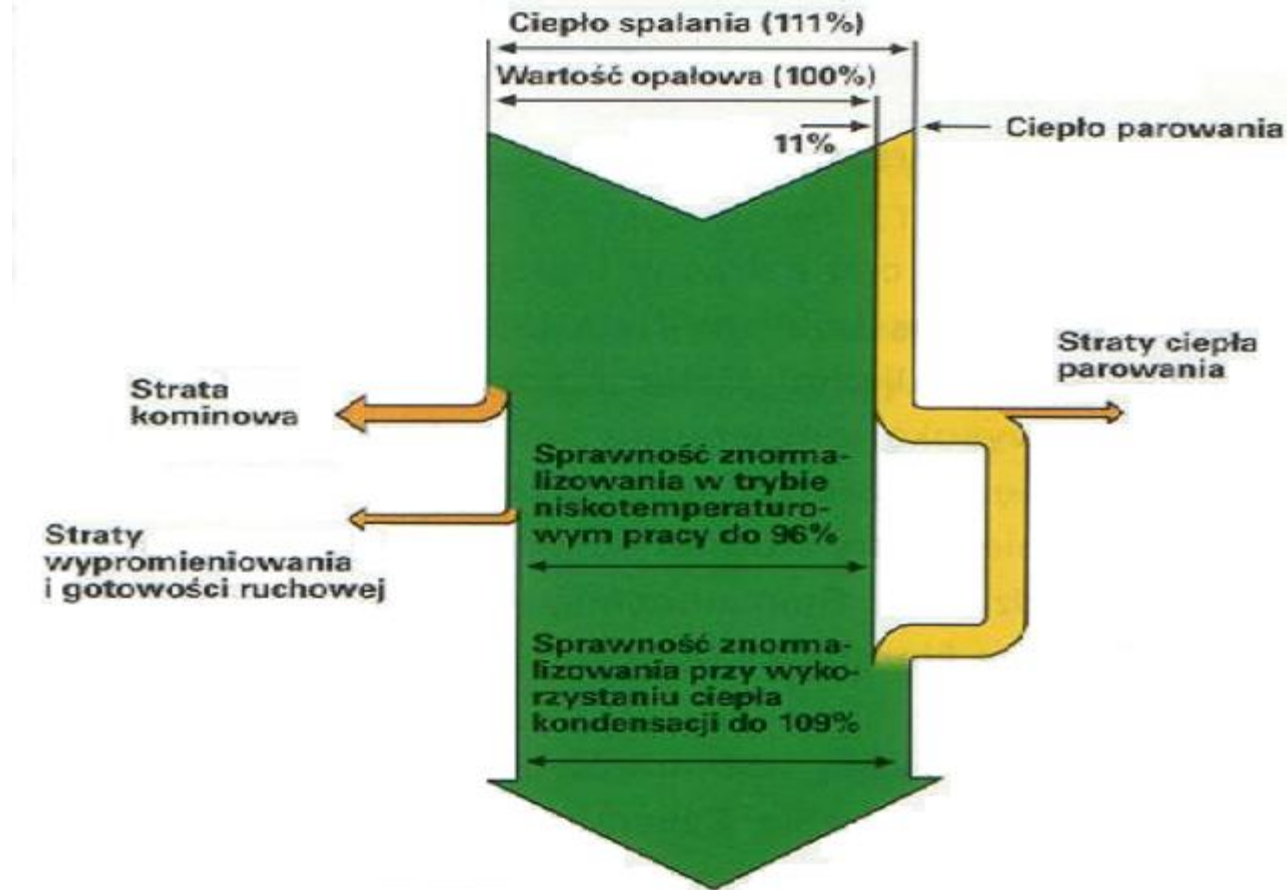
Źródło [3]

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania



Źródło [3]

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania



Spalanie paliw stałych**Spalanie węgla**

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

W procesie spalania paliw stałych można wyodrębnić trzy zasadnicze fazy:

- suszenie,
- odgazowywanie paliwa,
- zgazowywanie.

Spalanie paliw stałych – spalanie węgla

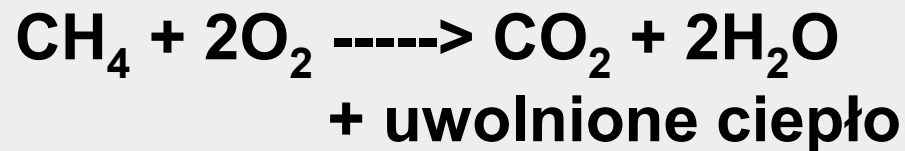
Węgiel zostaje, jak każde palio stałe, odgazowany podczas spalania, przy czym wymagana temperatura zapłonu wynosi np. dla węgla brunatnego ok. 240 stC.

Gazy i pozostałe składniki (głównie węgiel) utleniają się pod wpływem ciepła do dwutlenku węgla. Powstające przy tym emisje sadzy, pyłu i siarki (emisja = wydajność) są wyraźnie większe niż przy spalaniu paliw gazowych lub płynnych.

Spalanie paliw stałych – spalanie drewna

Podczas podgrzewania drewna powstają gazy składające się głównie z węgla , tlenu i wodoru.

Palne składniki tych gazów zostają spalone po osiągnięciu temperatury zapłonu. Im wyższa jest wilgotność resztkowa drewna, tym większa jest zawartość pary wodnej i przez to niższa wartość opałowa.

Spalanie paliw gazowych**Spalanie gazu ziemnego**

Spalanie paliw gazowych

Palnymi składnikami gazów palnych są przeważnie węglowodory np. metan CH_4 , wodór H_2 i niewielkie ilości tlenku węgla CO , a niepalnymi składnikami dwutlenek węgla CO_2 , tlen O_2 , azot N_2 i para wodna.

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Spalanie paliw gazowych

Procesy spalania:

1. Zapłon paliwa gazowego

- temperatura zapłonu,
- granica zapłonu,
- szybkość zapłonu.

2. Tworzenie się płomienia

- palniki ze świecącym płomieniem lub dyfuzyjne,
- palniki ze wstępnym zmieszaniem

Spalanie paliw gazowych

Szybkość spalania jest szybkością z jaką zachodzi spalanie wewnątrz mieszaniny.

Szybkość spalania zależy od składu mieszaniny. Jeżeli paliwo gazowe zostanie wymieszane z tlenem zamiast z powietrzem, wówczas szybkość spalania jest 5-12 razy większa.

Przy zbyt dużej szybkości spalania następuje cofanie płomienia, a przy zbyt małej odrywa on się od palnika.

Płomień palnika jest stabilny tylko wówczas, gdy szybkość spalania odpowiada prędkości wypływu paliwa gazowego.

Spalanie paliw gazowych

O pełnym spalaniu mówimy gdy spaliny zawierają CO_2 , H_2O , N_2 i O_2 .

Tworzenie się płomienia.

Przy spalaniu gazów rozróżnia się dwa rodzaje palników:

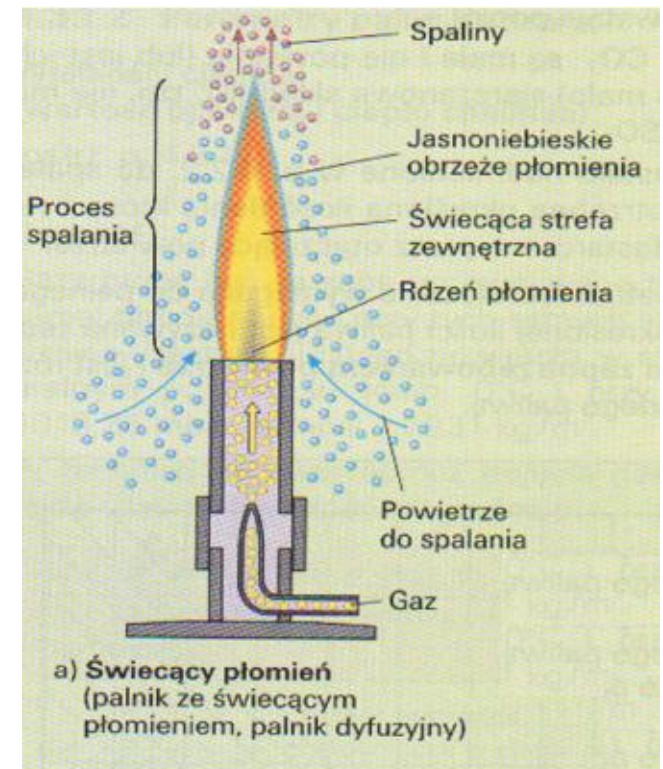
- palniki ze świecącym płomieniem lub dyfuzyjne,
- palniki ze wstępnym zmieszaniem.

Spalanie paliw gazowych

W palnikach dyfuzyjnych gaz jest zapalny bez wstępnego mieszania go z powietrzem. Płomień pali się jasno i daje się wydzielić trzy różne strefy:

- zewnętrzne wąskie jasnoniebieskie obrzeże płomienia
- długą żółtoświecącą strefę wewnętrzną,
- ciemny rdzeń znajdujący się na dole płomienia.

Tylko w zewnętrznej strefie płomienia zachodzi pełne spalanie.



Źródło [3]

Spalanie paliw gazowych

W palnikach ze wstępnym mieszaniem przed otworem palnika zostaje mieszane z paliwem gazowym. Gaz wypływa z dyszy z dużą prędkością w rurę palnika.

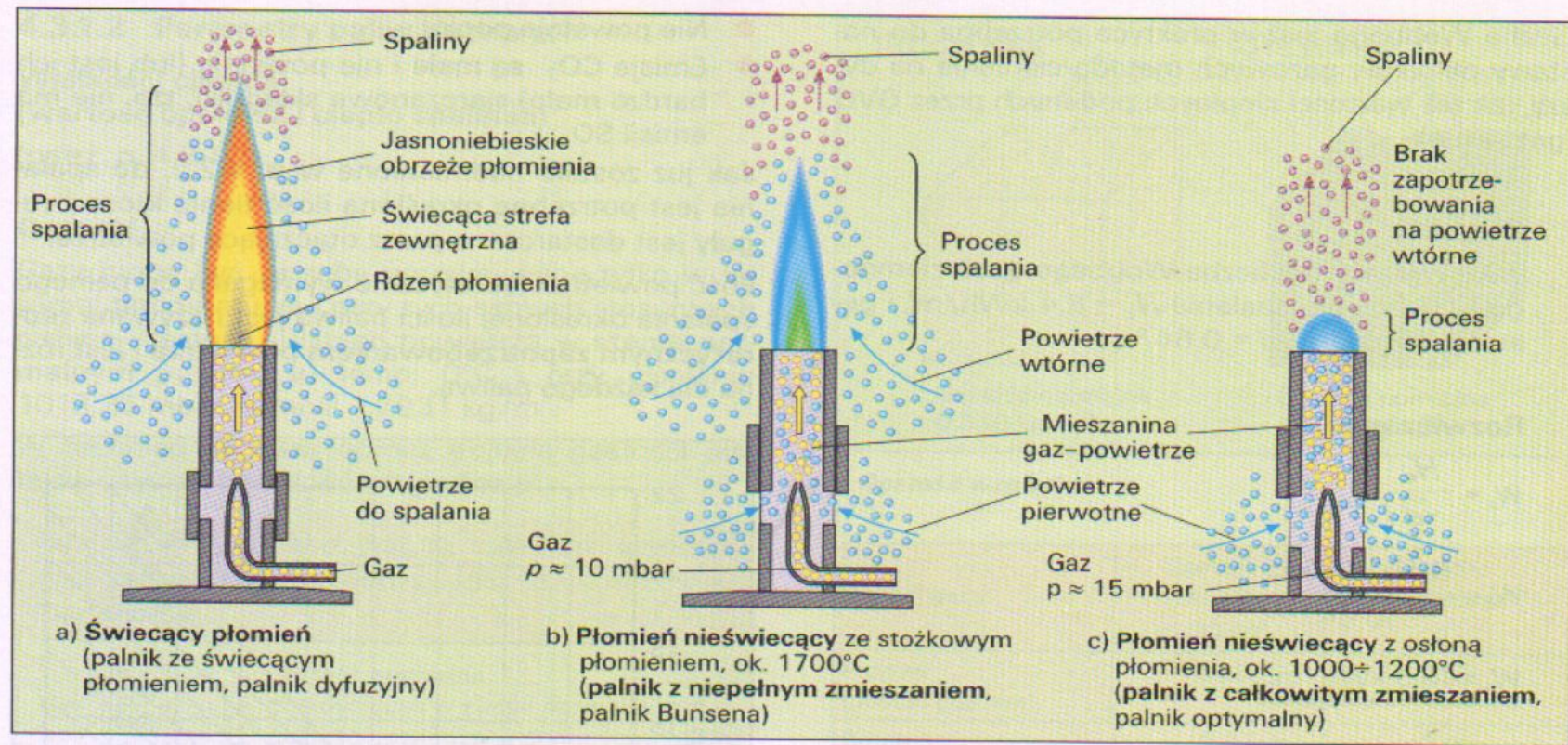
Ze względu na tlen obecny w powietrzu cząsteczki węgla spalają się już we wnętrzu płomienia i dlatego nie mogą świecić.

Powstały płomień ma kolor jasnoniebieski z zielonym rdzeniem.

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Spalanie paliw gazowych

Palniki z nieświecącym płomieniem podczas spalania nie tworzą sadzy.

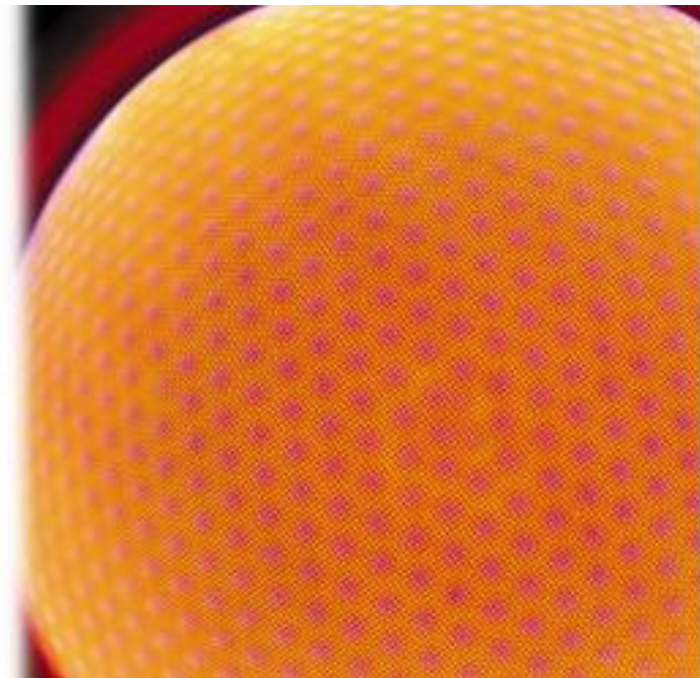
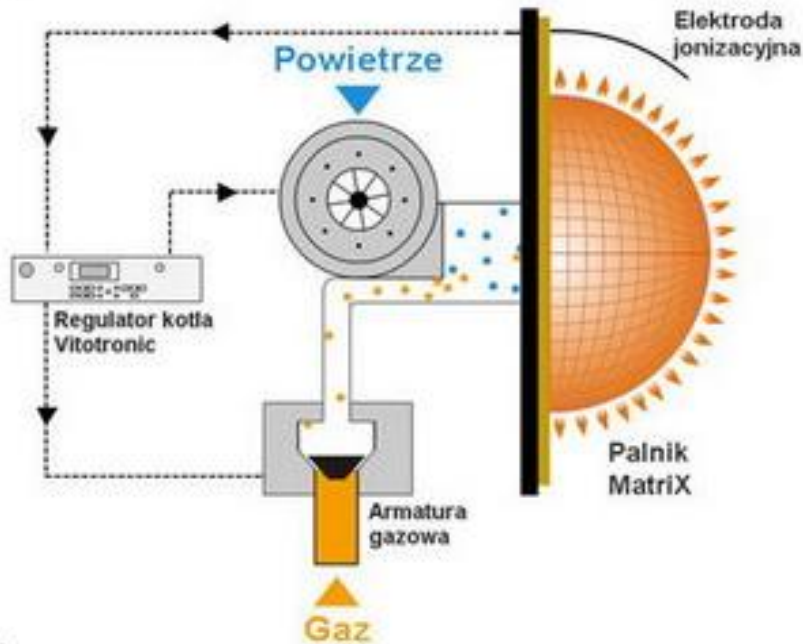


Źródło [3]

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Spalanie paliw gazowych

Układ Lambda Pro Control



Źródło [6]

Spalanie paliw gazowych

Funkcjonowanie układu Lambda Pro Control oparte jest o stały pomiar prądu jonizacji przepływającego z elektrody jonizacyjnej. Nie wykorzystywane są przy tym żadne dodatkowe sondy, czy też czujniki obecności zanieczyszczeń w spalinach, co ogranicza do minimum koszty związane z ich wymianą czy konserwacją. Wartość prądu jonizacji świadczy o temperaturze płomienia przy siatce palnika promiennikowego MatriX.

Zbyt duża ilość powietrza do spalania oznacza zaniżanie sprawności kotła, spadek temperatury spalania i spadek prądu jonizacji. Zbyt mała ilość powietrza do spalania może z kolei powodować wzrost emisji zanieczyszczeń (CO, NOx) i zanieczyszczanie powierzchni grzewczych kotła. Stąd też regulator kotła Vitotronic utrzymuje optymalną wartość nadmiaru powietrza (tzw. współczynnik Lambda) na poziomie 1,3. Układ Lambda Pro Control wpływa bezpośrednio na ilości i proporcje mieszania gazu z powietrzem do spalania.

Spalanie paliw gazowych

Parametry paliw gazowych

Gęstość – gazy mogą być porównywane tylko w tej samej temperaturze i przy tych samych stosunkach ciśnień. Gęstość suchego powietrza w stanie normalnym, tzn. temperatura 0stC i ciśnienie 1013,25 mbar wynosi 1,293 kg/m³.

Gęstość względna d jest to stosunek gęstości gazu do gęstości powietrza. Gęstość względna powietrza wynosi $d=1$, zatem gaz o gęstości $d<1$ jest lżejszy od powietrza (metan). Jeżeli $d>1$ to gaz jest cięższy od powietrza (propan).

Spalanie paliw gazowych

Parametry paliw gazowych

Liczba Wobbego – jest używana do oceny zamienności gazów. Gazy o tej samej liczbie Wobbego dają takie same obciążenie cieplne urządzenia gazowego, jeżeli nie ulegną zmianie stan gazu (ciśnienie i temperatura) i wielkość dysz gazowych.

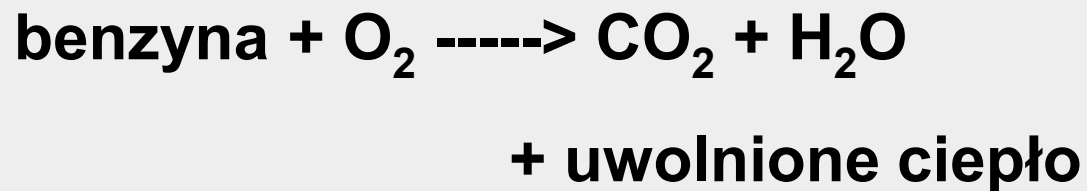
Do wyznaczenia liczby Wobbego W są potrzebne: ciepło spalania H_s i wartość opałowa gazu H_i oraz jego gęstość względna.

$$W_s = \frac{H_s}{\sqrt{d}}$$

lub

$$W_i = \frac{H_i}{\sqrt{d}}$$

Źródło [3]

Spalanie paliw ciekłychSpalanie produktów przerobu ropy naftowej –
benzyna

Spalanie paliw ciekłych

Podczas spalania oleju opałowego energia chemiczna zostaje przekształcona w energię cieplną. Aby spalanie było pełne i stabilne, należy ciągle doprowadzać więcej powietrza (w zależności od opału 10-40%) niż jest to teoretycznie potrzebne.

Głównymi produktami spalania oleju opałowego są dwutlenek węgla CO_2 i para wodna H_2O . W spalinach są zawarte jeszcze takie składniki jak azot N_2 i tlen O_2 .

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Spalanie paliw ciekłych

Zapłon – w stanie płynnym olej opałowy zapala się bardzo trudno.

Dopiero mieszanina opary oleju – powietrze lub mieszanina opary oleju – tlen zapala się stosunkowo łatwo, o ile zostanie tylko osiągnięta wymagana temperatura zapłonu.

Granica zapłonu – zapłon mieszaniny opary oleju - powietrze lub opary oleju – tlen jest możliwy tylko przy określonej proporcji stężeń tych składników – granicy zapłonu. Obowiązuje to również dla paliw gazowych.

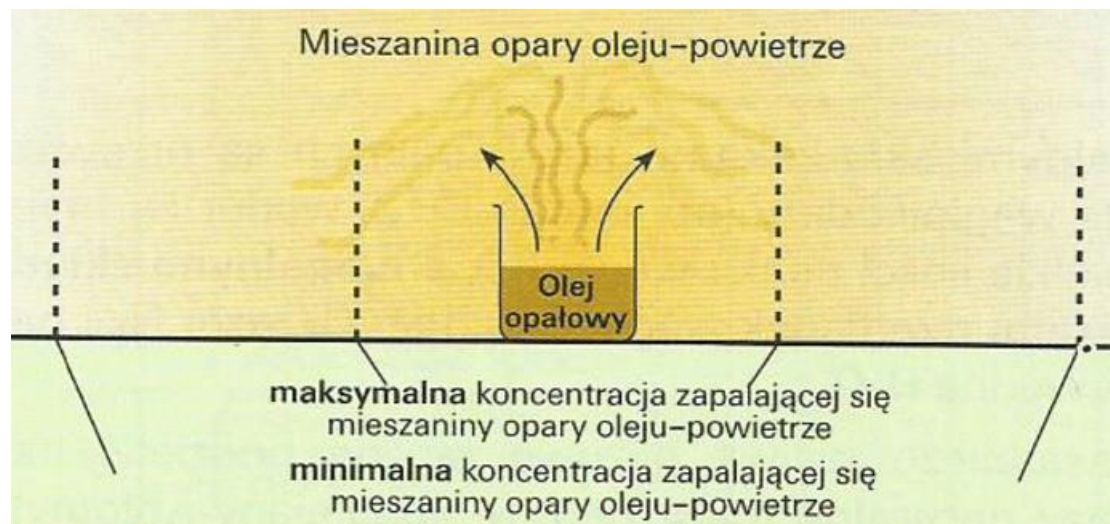
Górna granica zapłonu – jest to maksymalna, jeszcze dająca się zapalić koncentracja oparów palnych gazów w mieszaninie paliwowo- powietrznej.

Dolna granica zapłonu – jest to minimalna, jeszcze dająca się zapalić koncentracja oparów palnych gazów w mieszaninie paliwowo- powietrznej.

Szybkość zapłonu – jest to szybkość z jaką spalanie rozprzestrzenia się wewnątrz mieszaniny.

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Spalanie paliw ciekłych



Źródło [3]

Zjawiska fizyczne i chemiczne - proces spalania

Granice zapłonów oparów i gazów

Opary/gaz	Granice zapłonu mieszaniny paliwo-powietrze, % obj.
Acetylen	1,5 ÷ 82
Butan (n)	1,8 ÷ 8,5
Gaz ziemny E	5 ÷ 14
Gaz ziemny LL	6 ÷ 14
Gaz przesyłowy	5 ÷ 33
Gaz płynny	2 ÷ 9
Olej opałowy EL	0,6 ÷ 6,5
Tlenek węgla	12,5 ÷ 74
Metan	5 ÷ 15
Propan	2,1 ÷ 9,5
Wodór	4 ÷ 76

Źródło [3]

Produkty powstające podczas spalania

produkty spalane oddają ciepło wyłącznie kosztem swej pojemności cieplnej.

Wysoka temperatura produktów spalania umożliwia przekazywanie dużych ilości ciepła, ze stosunkowo niewielkiej masy nośnika ciepła, przy niewielkich stratach energii.

Każde paliwo składa się z:

- substancji palnych
- niepalnych tzw. balastu

Do substancji palnych należą:

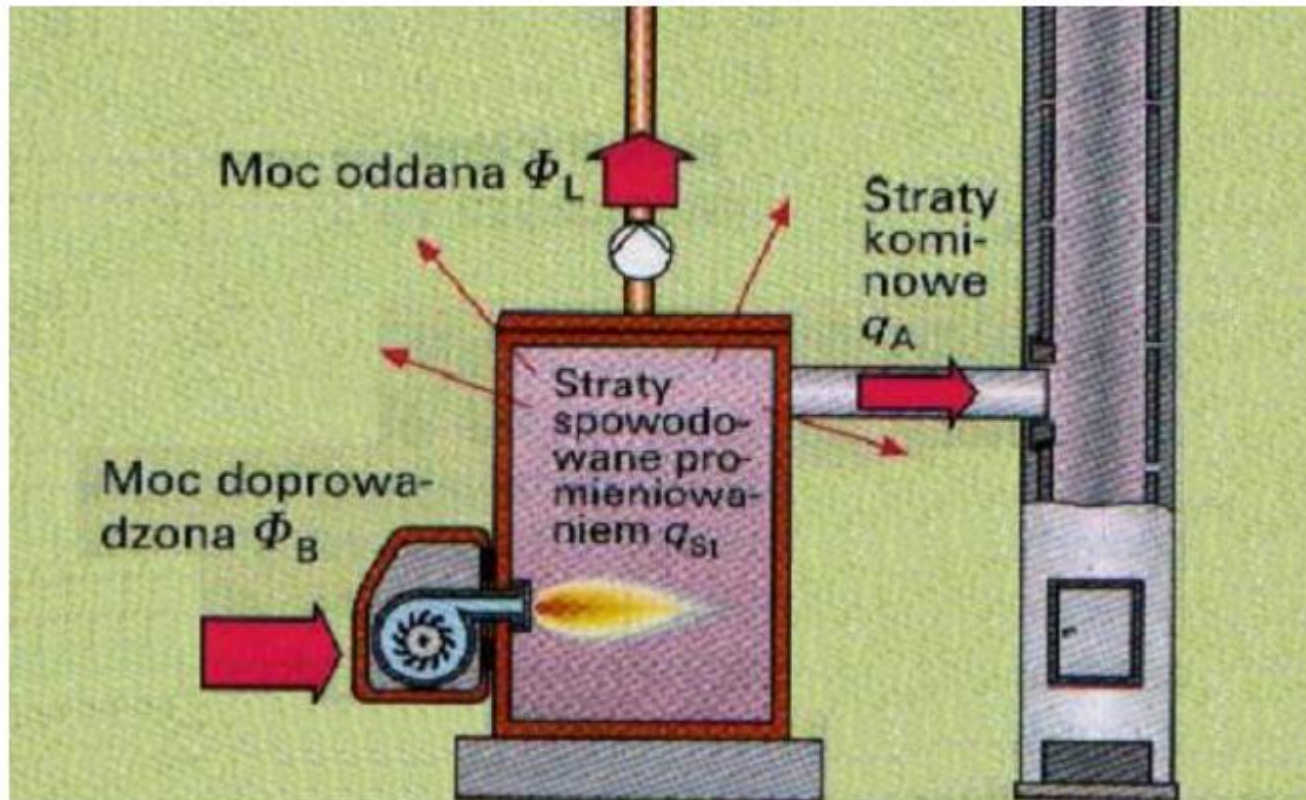
- węgiel C
- wodór H₂
- związki węglowodorowe C_nH_m
- siarka S

W paliwach stałych i ciekłych do balastu zalicza się:

- popiół
- wodę higroskopijną
- związany tlen O_2

W paliwach gazowych do balastu zalicza się:

- azot N_2
- dwutlenek węgla CO_2
- para wodna



Źródło [3]

STRATY SPALANIA

- **straty kominowe** – spowodowane przez gorące spaliny odlotowe unoszące swe ciepło przez komin na zewnątrz,
- **straty niecałkowitego spalania** – strata ciepła w wyniku niedopalenia stałych substancji palnych w popiele,
- **straty niezupełnego spalania** – wynikające z mniejszej ilości ciepła wywiązującego się w czasie utleniania węgla na tlenek węgla,
- **straty przez promieniowanie, konwekcję i przewodzenie**

Strata kominowa

– strata ciepła z uchodzącymi z kotła gorącymi spalinami, najczęściej przyjmuje wartości w zakresie 10-14%, w zależności od temperatury spalin oraz współczynnika nadmiaru powietrza (zawartości tlenu w spalinach).

W przypadkach nieprawidłowej eksploatacji kotła (np. wytwarzania nadmiernej ilości spalin w wyniku spalania paliwa ze zbyt dużym nadmiarem powietrza lub zbyt wysokiej temperatury spalin wylotowych w wyniku nadmiernej wydajności paleniska w stosunku do wydajności cieplnej wymiennika ciepła) strata kominowa może nawet przekraczać 20%.

Strata niecałkowitego spalania

przyjmuje najczęściej wartości w zakresie 1-3%, w zależności od zawartości części palnych w popiele i zawartości popiołu w paliwie.

W przypadkach nieprawidłowej eksploatacji kotła może jednak kilkakrotnie przekraczać te wartości.

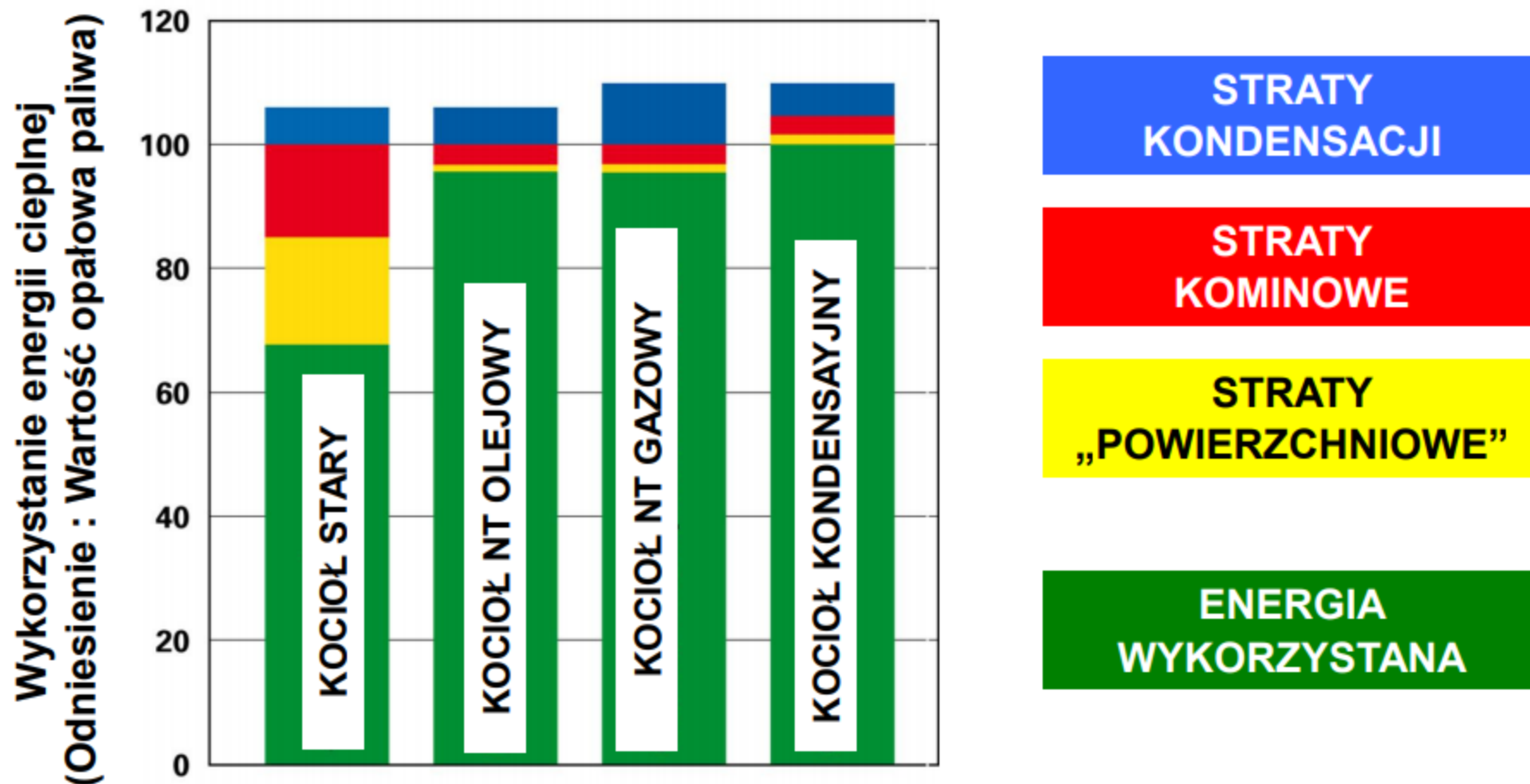
Strata niezupełnego spalania

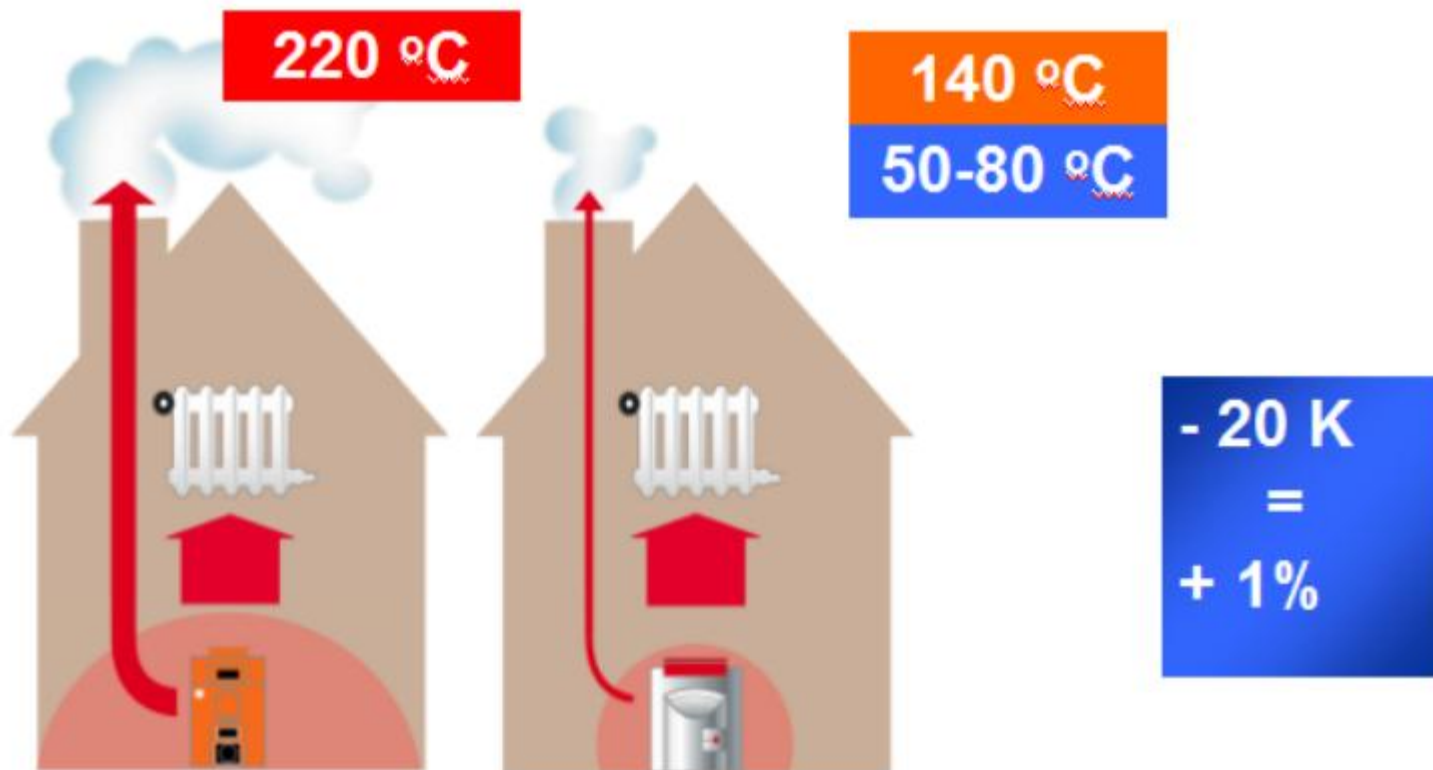
w przypadku najnowszych kotłów, wysokiej klasy jest niewielka

– nie przekracza 0,5%.

Straty przez promieniowanie, konwekcję i przewodzenie

wynikające z przyjętych rozwiązań w zakresie izolacji cieplnej kotła.





Temat:

Urządzenia do spalania paliw.

Zasady spalania paliw w kotłach.

Urządzenia do spalania paliw

Urządzenia do spalania paliw i sposoby spalania są zależne od rodzaju paliwa:

- kotły węglowe,
- kotły gazowe,
- kotły olejowe,
- kotły na biomasę.

Urządzenia do spalania paliw

KOCIOŁ

urządzenie do ogrzewania wody lub wytwarzania pary wodnej ciepłem powstającym podczas spalania paliwa stałego, płynnego lub gazowego



Urządzenia do spalania paliw

ELEMENTY SKŁADOWE KOTŁA

- palenisko
- palnik
- komora spalania
- kanały spalinowe
- osprzęt

Podział kotłów ze względu na moc:

- | | |
|------------------------|-----------------|
| - kocioł małej mocy | 4 - 65 kW |
| - kocioł średniej mocy | 72 - 1750 kW |
| - kocioł dużej mocy | 1860 - 15000 kW |

Podział kotłów ze względu na materiał:

- stalowy
- żeliwne

Podział kotłów ze względu na rodzaj czynnika przenoszącego ciepło:

- wodny
- parowy

Podział kotłów ze względu na sposób spalania:

- kotły ze spalaniem dolnym
- kotły ze spalaniem górnym

Podział kotłów ze względu na temperaturę ogrzewanej wody:

- niskotemperaturowy do 100°C
- średniotemperaturowy 100-115 °C
- wysokotemperaturowy powyżej 115°C

Podział kotłów ze względu na rodzaj palników:

- kotły z palnikami nadmuchowymi (wentylatorowymi)
- kotły z palnikami atmosferycznymi (inżektorowymi)

Urządzenia do spalania paliw

Kocioł stalowy

- mała masa,
- możliwość stosowania gorszych jakościowo paliw,
- możliwość naprawy skorodowanych elementów,
- duża pojemność wodna,
- kłopoty z transportem dużych kotłów



Urządzenia do spalania paliw

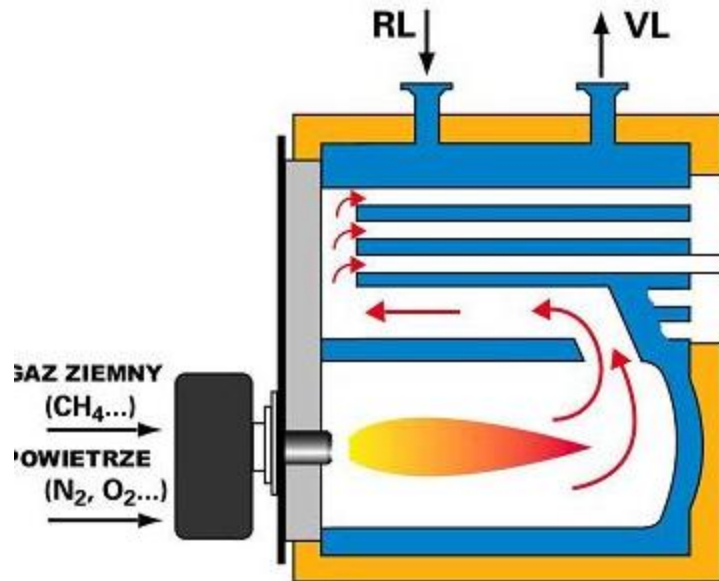
Kocioł żeliwny

- małe wymiary przy dużej powierzchni ogrzewalnej,
- odporne na korozję,
- możliwość zwiększenia powierzchni ogrzewalnej,
- duża masa,
- brak możliwości naprawy przepalonych elementów,
- wysokie wymagania odnośnie jakości wody,
- konieczność zapewnienia minimalnego przepływu wody grzewczej przez kocioł



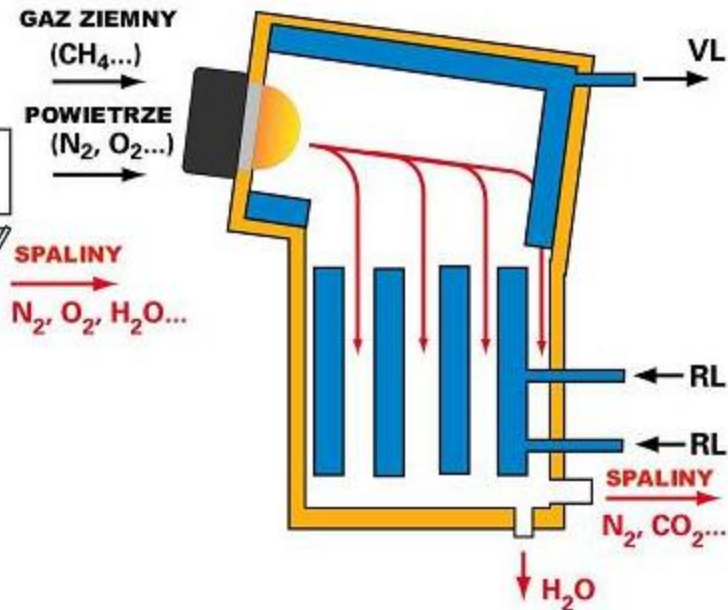
Urządzenia do spalania paliw

NISKOTEMPERATUROWY KOCIOŁ GRZEWICZY



$$\eta_N = 95\%$$

KOCIOŁ KONDENSACYJNY

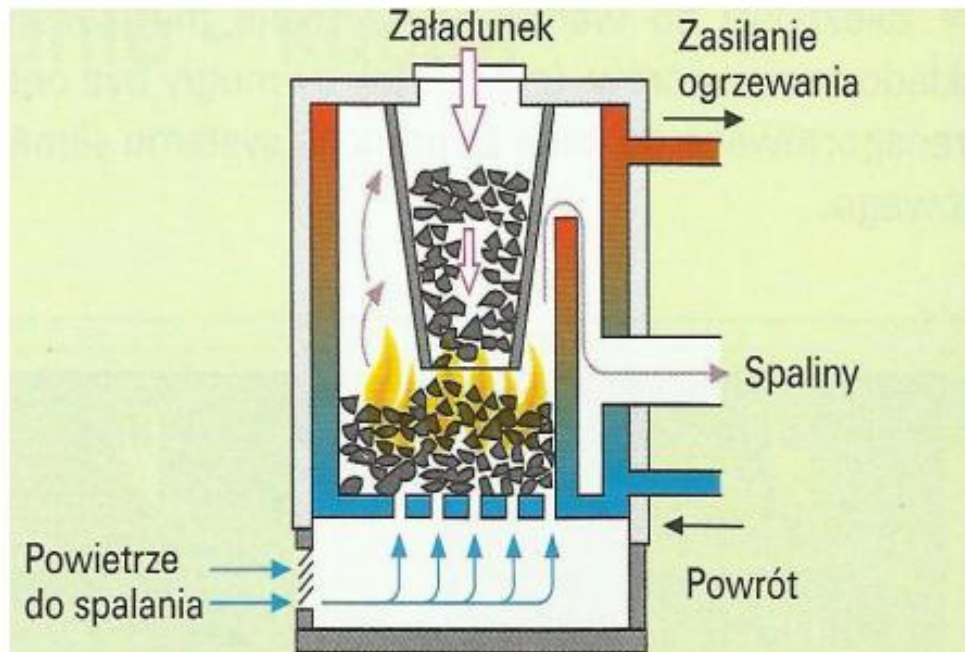


$$\eta_N = 109\%$$

Urządzenia do spalania paliw

Systemy spalania paliw stałych w kotłach

1. Dolne spalanie i dolny wyciąg



Źródło [3]

Podczas spalania paliwa żarzy się tylko dolna warstwa paliwa.

Moc kotła jest równomierna i daje się regulować.

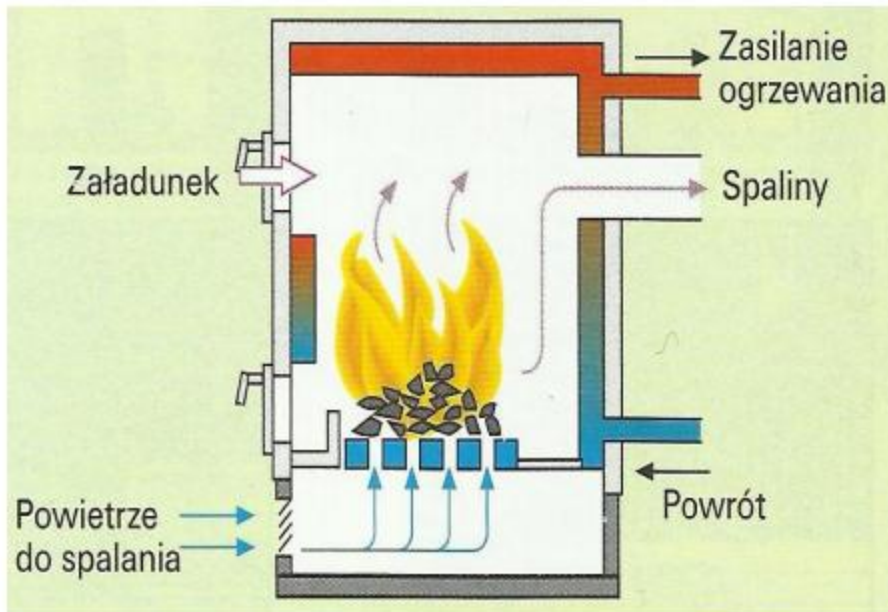
Sprawność jest większa niż kotła ze spalaniem górnym.

Dłuższe drogi spalin wymagają większego ciągu komina.

Urządzenia do spalania paliw

Systemy spalania paliw stałych w kotłach

2. Górne spalanie i górny wyciąg



Źródło [3]

Podczas spalania żarzy się całkowity wsad

Moc kotła zależy od stanu napełnienia.

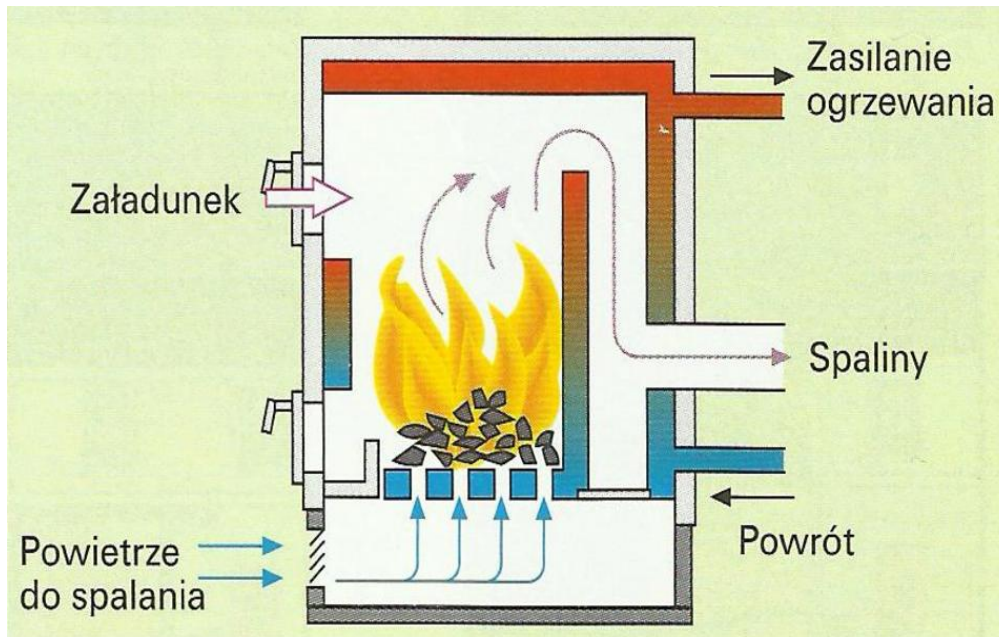
Krótkotrwale daje się osiągnąć wysokie moce kotła, które maleją po ponownym napełnieniu.

Zapotrzebowanie na ciąg jest niewielkie, ponieważ spaliny płyną wprost do wyciągu.

Urządzenia do spalania paliw

Systemy spalania paliw stałych w kotłach

2.Górne spalanie i dolny wyciąg



Źródło [3]

Przy dolnym wyciągu wydłużeniu ulegają drogi spalin, ale spaliny zostają lepiej wykorzystane, przez co wzrasta sprawność.

Wymagany jest ciąg większy niż w kotłach z górnym wyciągiem.

Urządzenia do spalania paliw

Kotły do spalania paliw stałych – węgiel

Głównie są to kotły z górnym spalaniem.

Składają się z:

- komory zsypowej na paliwo,
- rusztu,
- zbiornik popiołu,
- klapy powietrza, gwarantujące zasilanie kotła powietrzem koniecznym do spalania, wentylator może działać wspomagająco
- urządzenia zabezpieczające.



Źródło [3]

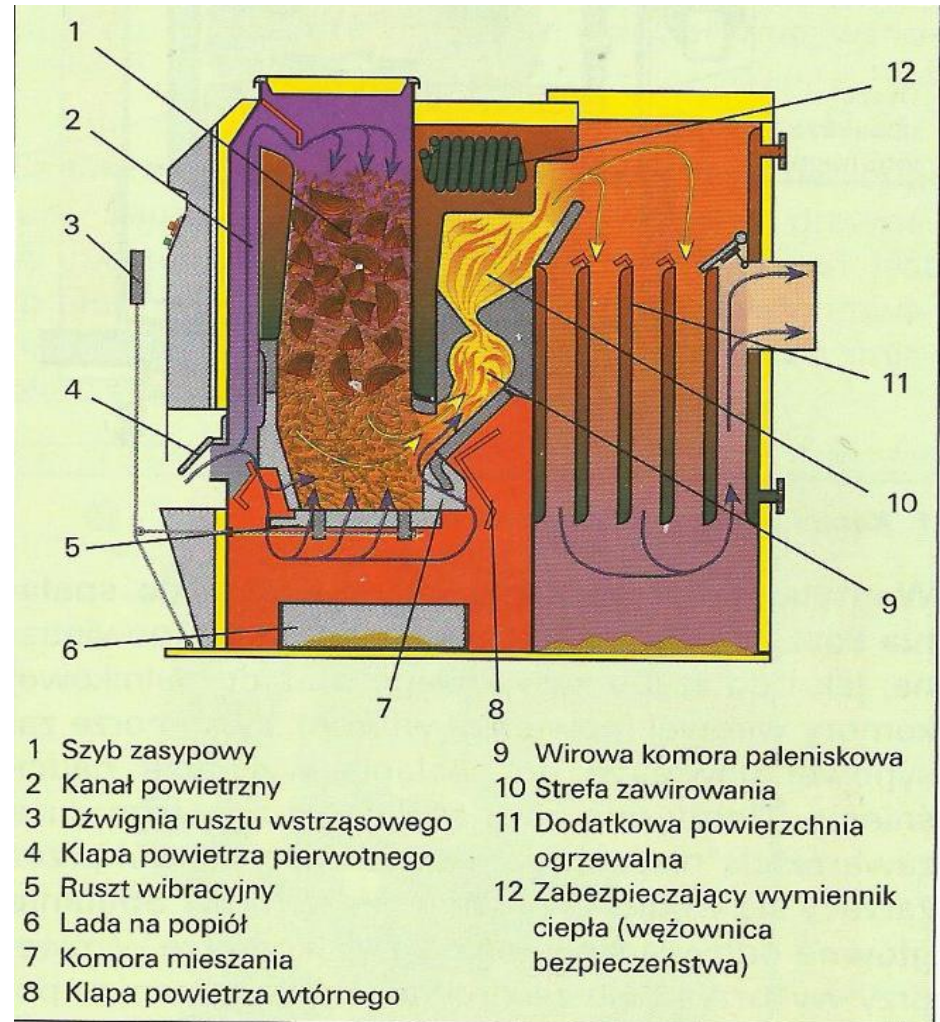
Urządzenia do spalania paliw

Spalanie paliw w kotłach na drewno

Kotły na drewno są na ogół wyposażone w układ spalania dolnego.

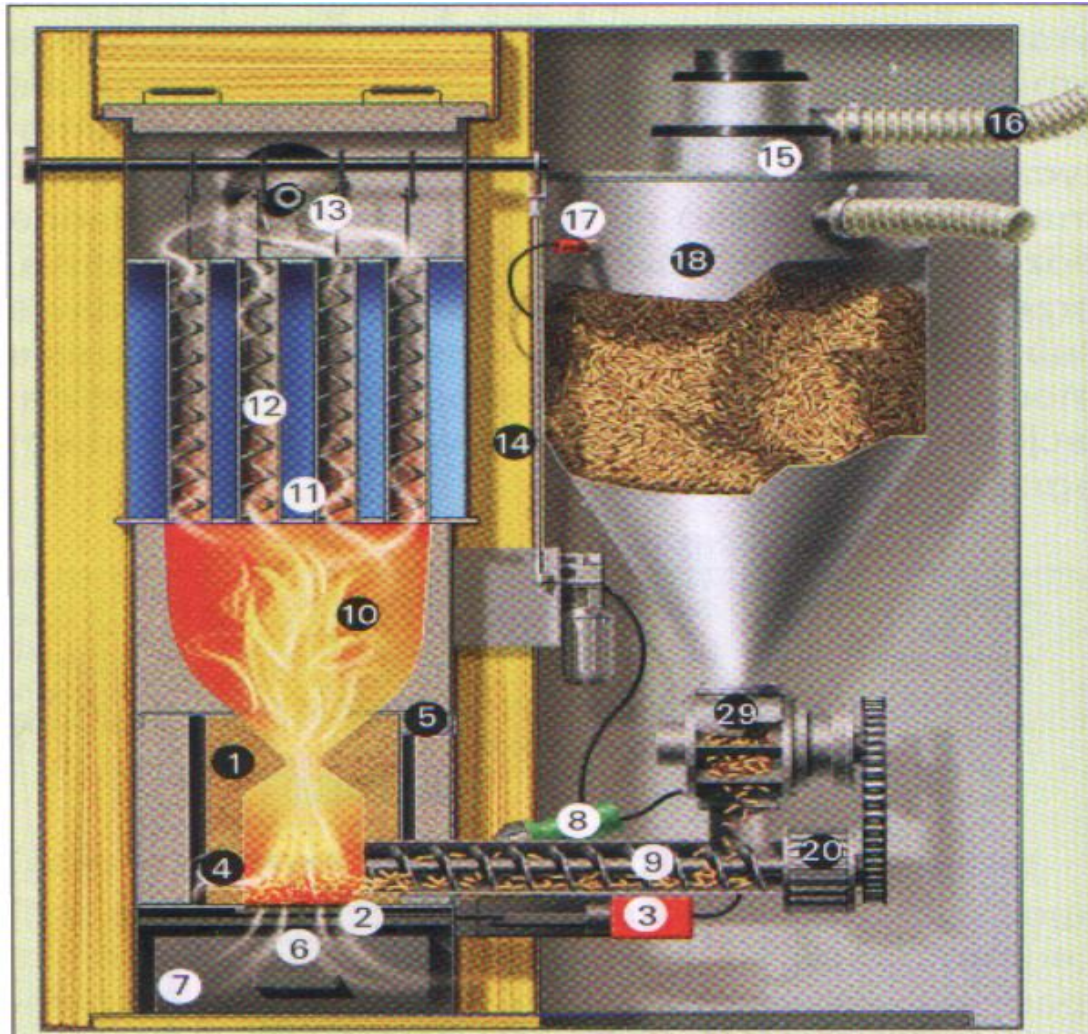
Po zagazowaniu drewna i wstępnym spaleniu składników łatwopalnych w dolnym szybie zsypowym spaliny są doprowadzone bokami lub od dołu do obszaru spalania. Na skutek doprowadzania powietrza wtórnego zachodzi główne spalanie.

Następnie zachodzi dopalanie.



Urządzenia do spalania paliw

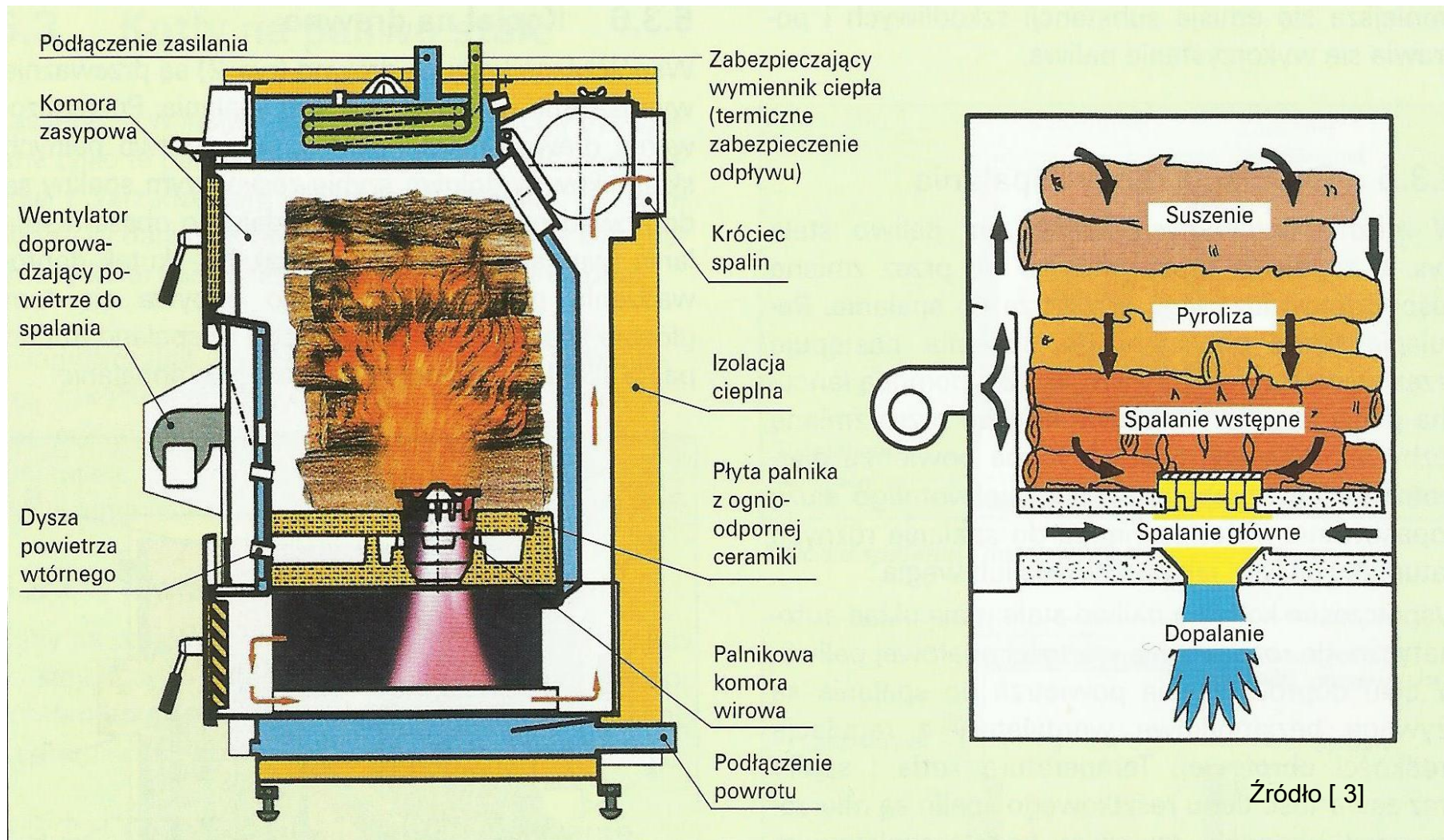
Spalanie paliw w kotłach na pelet



- 1 Komora spalania
- 2 Ruszt przesuwny
- 3 Silnik rusztu przesuwnego
- 4 Strumień powietrza wtórnego z przewodów wlotowych
- 5 Izolowane płyty odporne na wysokie temp.
- 6 Powietrze pierwotne
- 7 Popielnik
- 8 Układ automatycznego zapłonu
- 9 Przenośnik ślimakowy
- 10 Strefa cyrkulacji
- 11 Wymiennik ciepła
- 12 Zaworowycze
- 13 Wentylator wyciągowy
- 14 Izolacja
- 15 Turbina ssąca
- 16 System ssący
- 17 Sygnalizator stanu napełnienia
- 18 Zasobnik
- 19 Bęben z przegrodami – służa dozująca
- 20 Silnik

Urządzenia do spalania paliw

Spalanie paliw w kotłach na kawałki drewna



Spalanie paliw w kotłach gazowych

Kotły gazowe

to cała rodzina urządzeń grzewczych, które mają jedną wspólną cechę – rodzaj paliwa, jakim są zasilane, dzielimy je na:

- **stojące i wiszące** – ze względu na usytuowanie,
- **jedno- i dwufunkcyjne** – pod względem funkcjonalnym,
- **kotły z otwartą i z zamkniętą komorą spalania** – ze względu na budowę komory spalania i związany z tym sposób pobierania powietrza do spalania oraz sposób odprowadzania spalin,
- **tradycyjne i kondensacyjne** – ze względu na sposób działania.

Spalanie paliw w kotłach gazowych

Kotły z otwartą komorą spalania pobierają świeże powietrze bogate w tlen potrzebny do spalania z pomieszczenia, w którym są zamontowane. Do pomieszczenia z kotłem o kubaturze, która nie może być mniejsza niż **8 m³**, musi być zapewniony dopływ powietrza otworem o powierzchni co najmniej 200 cm² oraz wentylacja grawitacyjna kratką o takiej samej powierzchni.

Kotły z zamkniętą komorą spalania czerpią powietrze do spalania z zewnątrz. Również powstające w procesie spaliny nie mają styczności z powietrzem w pomieszczeniu. Takie rozdzielenie umożliwia umieszczenie kotła w dowolnym pomieszczeniu o kubaturze nie mniejszej niż **6,5 m³** z wentylacją grawitacyjną zakończoną kratką o powierzchni 200 cm². Komora spalania kotła jest połączona z atmosferą przewodami powietrzno-spalinowymi, przepływ powietrza i spalin wymusza wentylator.

Spalanie paliw w kotłach gazowych – kotły z naturalnym ciągiem

Naturalny ciąg kotła – spalanie zachodzi przy podciśnieniu w komorze spalania. Opory kotła związane z przepływem spalin i opory rur łączących lub kanały są pokonywane przez ciąg kominowy. Dotyczy to także starych palników nadmuchowych, ponieważ w tym przypadku dmuchawa służyła do mieszania powietrza do spalania i oleju lub gazu.

Kotły

z naturalnym ciągiem nie muszą być całkowicie szczelne w przeciwieństwie do pomieszczenia w którym je ustawiono, ponieważ dzięki podciśnieniu w komorze spalania spaliny wydostają się na zewnątrz.

W kotłach z naturalnym ciągiem ciąg kominowy musi być w stanie odprowadzić spaliny. Wartość ciągu w komorze spalania powinna wynosić ok. 5 Pa.

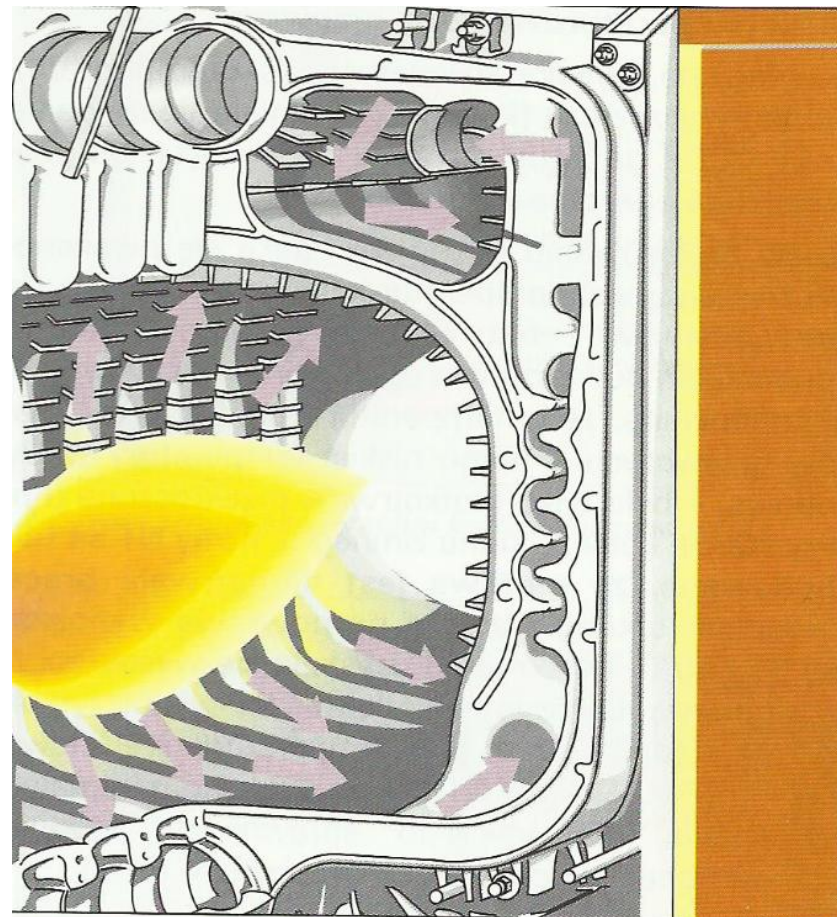
Spalanie paliw w kotłach gazowych – kotły nadciśnieniowe

W kotłach z nadciśnieniem w komorze spalania opory są pokonywane przy użyciu palników nadmuchowych. Kotły nadciśnieniowe muszą być całkowicie szczelne, ponieważ w przeciwnym razie spaliny wydostawałyby się do pomieszczenia.

Kotły nadciśnieniowe mają zwiększone powierzchnie ogrzewania dodatkowego, na których spaliny wielokrotnie zmieniają kierunek. Powoduje to turbulencje w przepływie gazu opałowego i zwiększenie prędkości przepływu spalin, aby lepiej wykorzystać zawarte w gazach opałowych ciepło. Odbywa się to kosztem strat ciśnienia, a tym samym koniecznością zapewnienia większego ciągu.

Spalanie paliw w kotłach gazowych

Tworzenie się turbulencji na powierzchniach ogrzewania dodatkowego

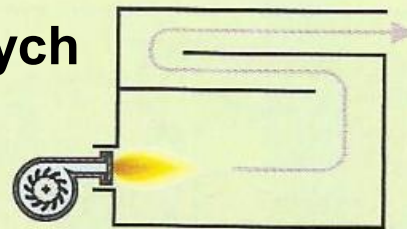


Źródło [3]

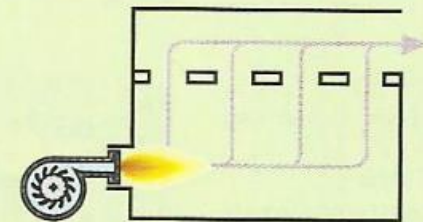
Urządzenia do spalania paliw

Spalanie paliw w kotłach gazowych

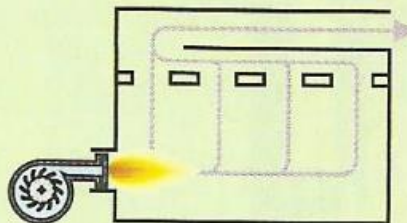
Sposoby odprowadzania spalin



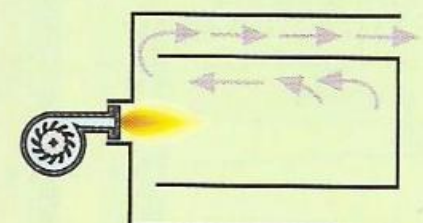
System kotła trójciągowego



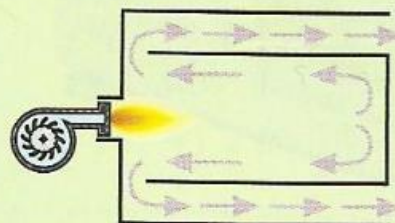
System równoległy rozdzielony



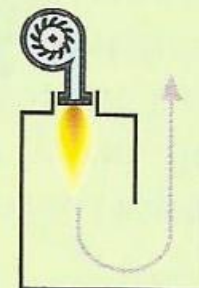
System kombinowany przepływu dwudzielnego i równoległego



System rozdzielonego płomienia nawrotnego



System dwuciągowy z nawrotem płomienia



System z palnikiem opadowym

Spalanie paliw w kotłach gazowych

Niskotemperaturowy kocioł gazowy

Komora spalania musi być tak zbudowana, aby temperatura punktu rosy gazów grzewczych mimo niskiej temperatury wody kotłowej została przekroczona tylko krótkotrwale (np. przy zimnym starcie).

W celu ochrony przed korozją stykających się ze spalinami powierzchni grzewczych, muszą być wybrane materiały odporne na korozję.

Spalanie paliw w kotłach gazowych

Kocioł gazowy kondensacyjny

W kotłach tych zachodzi proces kondensacji pary wodnej zawartej w spalinach. Zostaje wykorzystana cała zawarta w paliwie energia cieplna. Spaliny muszą być w sposób ciągły schładzane poniżej punktu rosy pary wodnej na dodatkowych powierzchniach grzewczych.

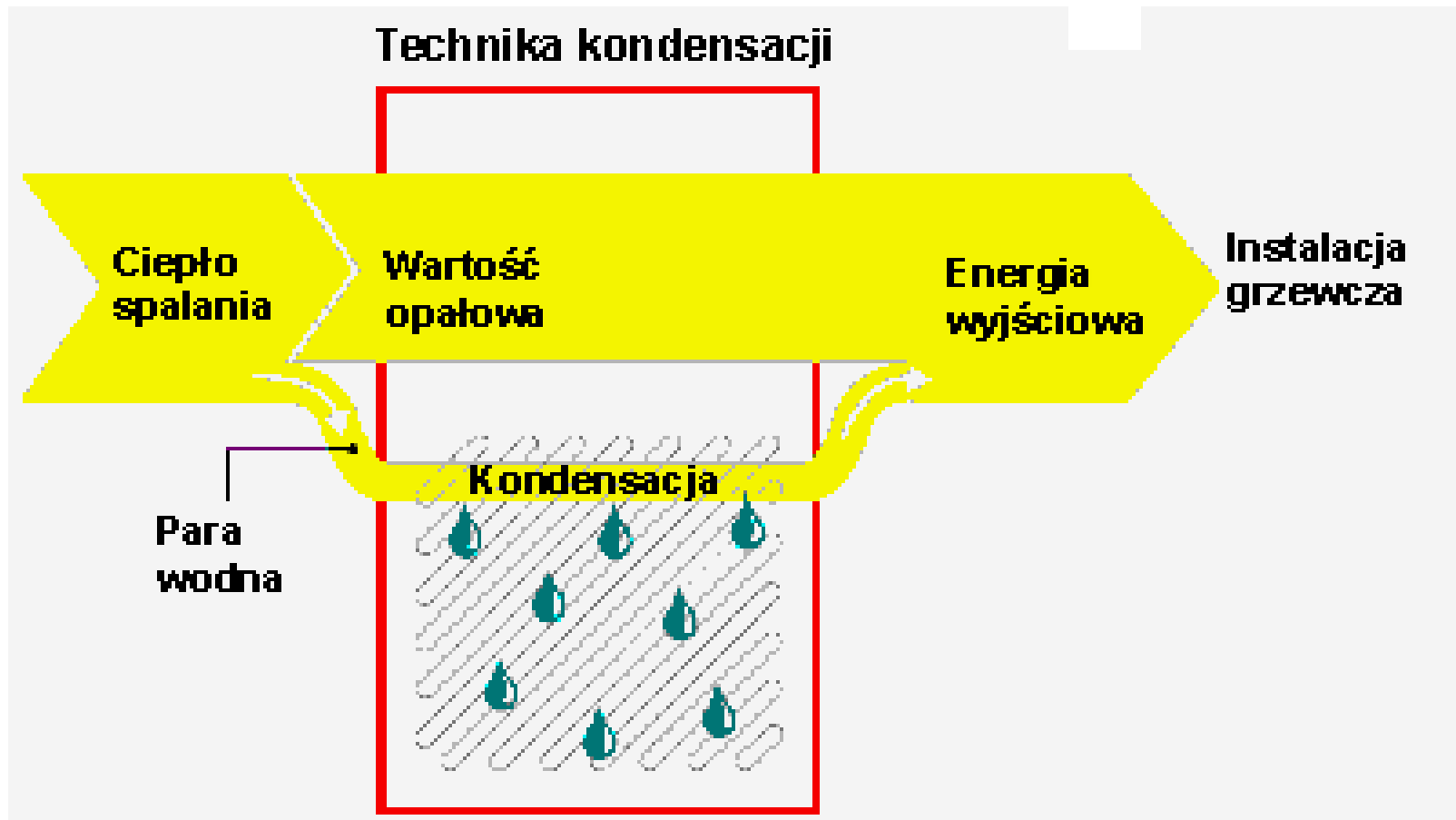
Z uwagi na właściwości chemiczne kondensatu, stawia się szczególnie wysokie wymagania odnośnie wytrzymałości na korozję zastosowanych materiałów, z których wykonany jest kocioł oraz system spalinowy.

Kondensacja pary wodnej w zakresie temperatur powrotu niższych niż od 57 stC. Jedynie przez 6% trwania okresu grzewczego temperatury powrotu pozostają wyższe eliminując kondensację.

Urządzenia do spalania paliw

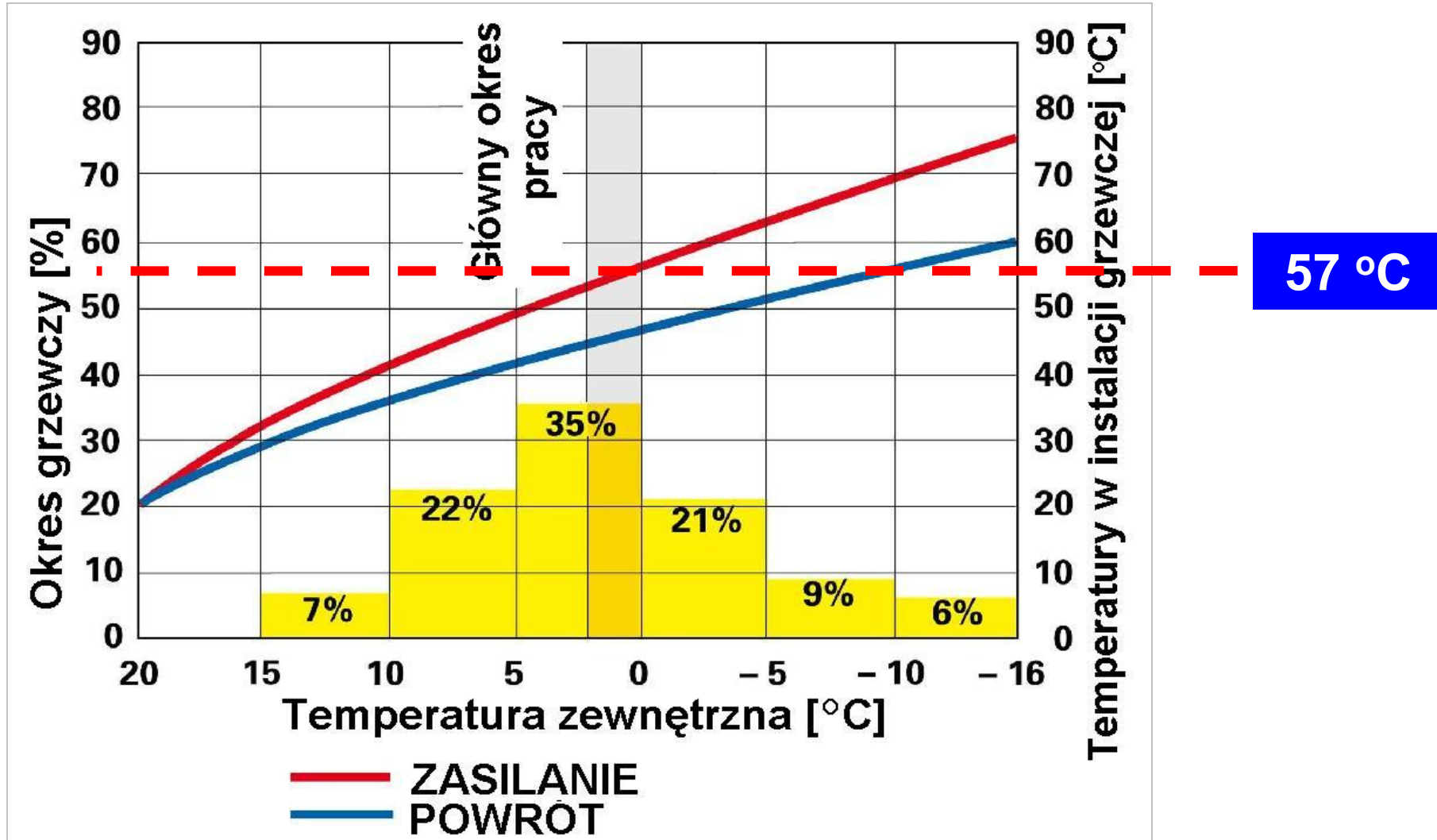
Spalanie paliw w kotłach gazowych

Kocioł gazowy kondensacyjny



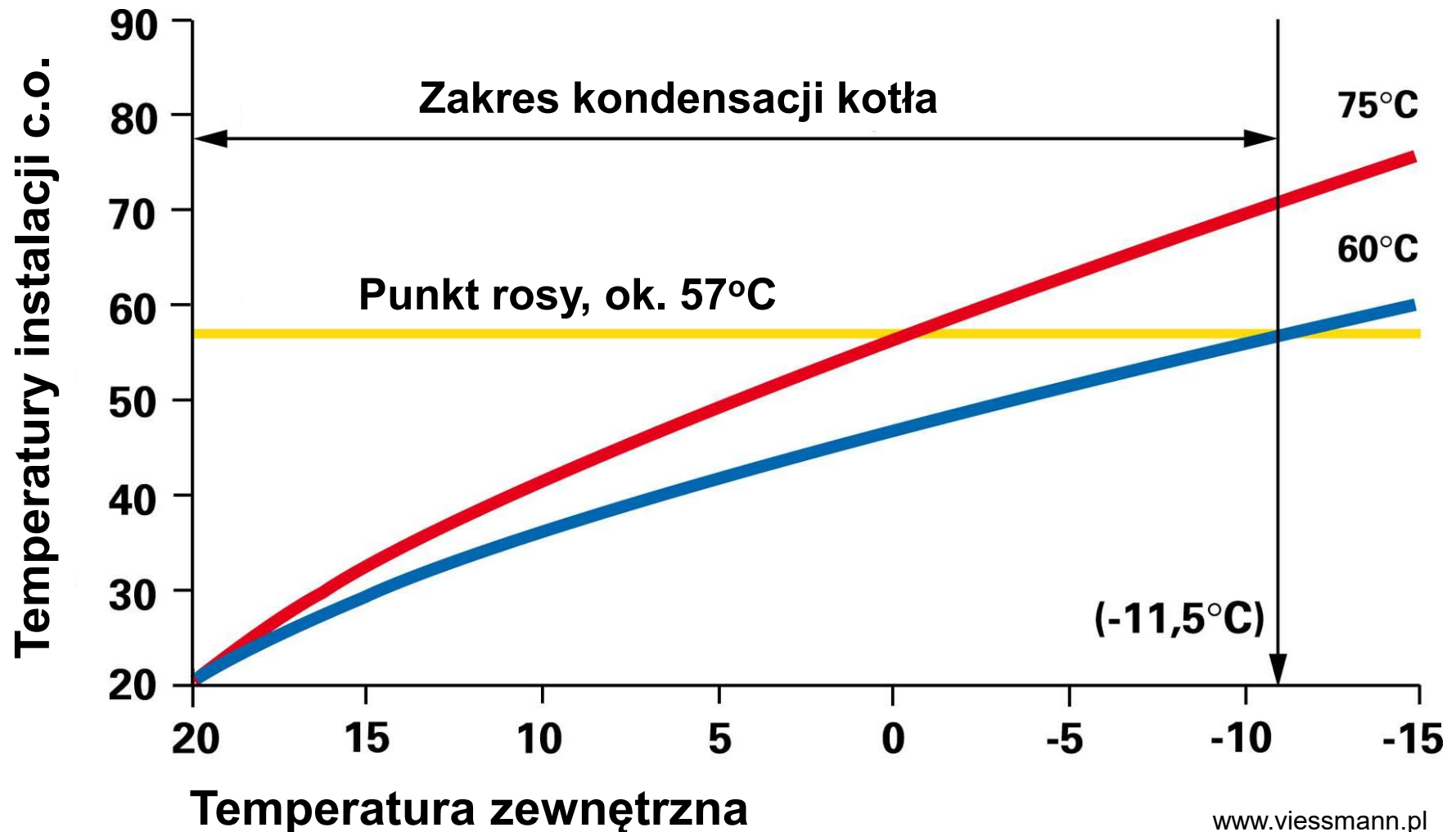
Urządzenia do spalania paliw

Warunki kondensacji kotła



Urządzenia do spalania paliw

Warunki kondensacji kotła



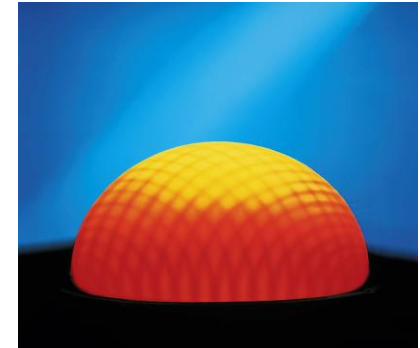
Urządzenia do spalania paliw

Spalanie paliw w kotłach gazowych

Kocioł gazowy kondensacyjny

Palnik MATRIX

- promiennikowy palnik gazowy
- półkulista konstrukcja siatki wykonanej ze stali nierdzewnej
- spala gaz powierzchniowo
- temperatura spalania 900 C
- emisja tlenków azotu poniżej normy (<20ppm)



www.viessmann.pl

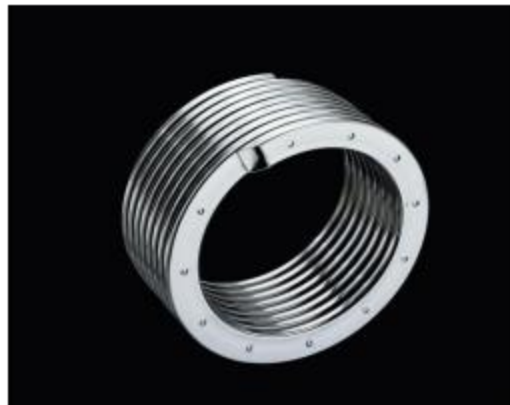
Urządzenia do spalania paliw

Spalanie paliw w kotłach gazowych

Kocioł gazowy kondensacyjny

Powierzchnie INOX-RADIAL

- kondensacyjne powierzchnie wykonane ze stali nierdzewnej
- zwarta forma wymiennika dla zastosowania w kotłach wiszących, długie szczeliny 63mm, szerokości 0,8mm
- obniżenie temperatury spalin 900 C do 40 C przy jednym przejściu spalin



www.viessmann.pl

Urządzenia do spalania paliw

Spalanie paliw w kotłach gazowych

Kocioł gazowy kondensacyjny



www.viessmann.pl

Spalanie paliw w kotłach olejowych

Kotły olejowe stanowią alternatywę przy braku dostępu budynku do sieci gazowej. Nowe rozwiązania pozwalają poza tradycyjnymi niskotemperaturowymi kotłami olejowymi, zastosować olejowe kotły kondensacyjne, o podwyższonej sprawności pracy.

W ofercie firmy Viessmann, znajdują się niskotemperaturowe standardowe kotły żeliwne, jak również innowacyjne kotły olejowe o dwuwarstwowych żeliwno-stalowych powierzchniach grzewczych.

Takie rozwiązanie eliminuje konieczność ochrony kotła przed spadkiem temperatury wody w kotle, który pracuje wówczas w całym zakresie regulacji pogodowej.

Spalanie paliw w kotłach olejowych**Kotły olejowe kondensacyjne**

Kotły olejowe kondensacyjne stanowią nowoczesne rozwiązanie dla odzyskiwania ciepła z pary wodnej powstającej ze spalania oleju opałowego. Już nie tylko gaz ziemny może być tradycyjnym paliwem dla kotłów kondensacyjnych, ale również olej opałowy.

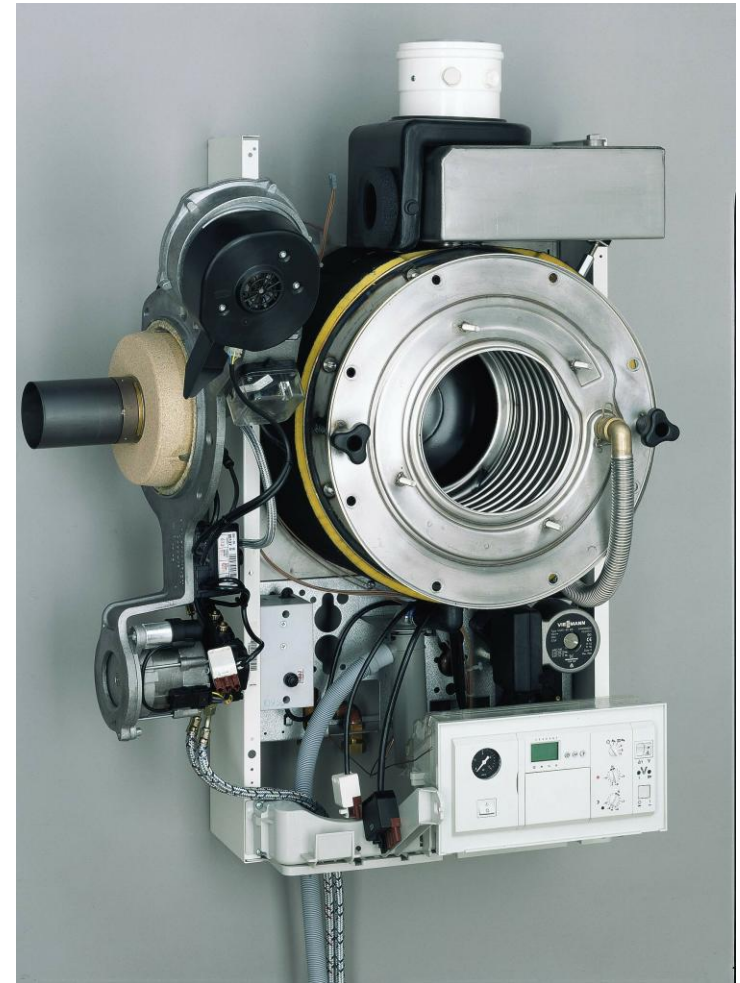
Technika kondensacyjna dla oleju opałowego wymaga stosowania najwyższej jakości stali nierdzewnej ze zwiększoną zawartością chromu, niklu i molibdenu.

Urządzenia do spalania paliw

Spalanie paliw w kotłach olejowych

Kotły olejowe kondensacyjne

W kotłach olejowych kondensacja zachodzi przy temperaturach powrotu ok. **47 C**

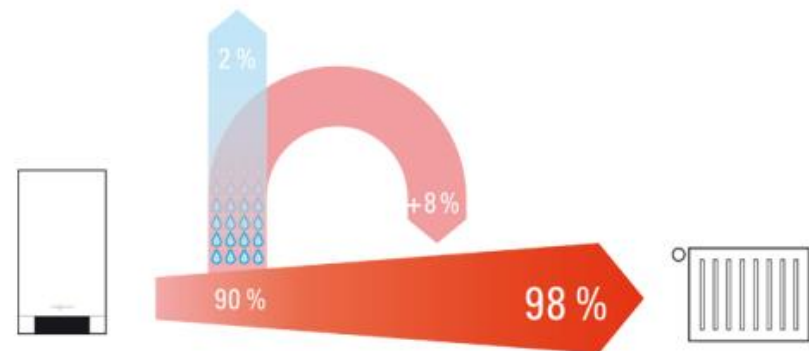


Spalanie paliw w kotłach olejowych

Kotły olejowe kondensacyjne

Kotły olejowe kondensacyjne firmy Viessmann mogą pracować w zależności od typu zarówno z dostępnym ogólnie olejem opałowym, jak również z olejami o niskiej zawartości związków siarki.

Już teraz są one przystosowane do przejścia z oleju kopalnego na olej opałowy z udziałem biooleju. Dzięki temu można je eksploatować także z udziałem energii odnawialnych.



Temat nr 4:

Palniki i ich rodzaje.

Wyróżniamy dwa podstawowe rodzaje palników:

Palniki nadmuchowe (wentylatorowymi) są najbardziej uniwersalne dla kotłów przeznaczonych do spalania paliw gazowych i olejowych.

Palnik atmosferyczny (inżektorowy) to typ palnika, w którym powietrze niezbędne do spalania gazu zasysane jest na skutek różnicy ciśnień. Stosowany jest jedynie w stojących lub wiszących kotłach gazowych o małej mocy.

Palniki i ich rodzaje

Palniki nadmuchowe

W palnikach nadmuchowych powietrze potrzebne do spalania gazu lub oleju jest wdmuchiwane. Wśród tego rodzaju palników wyróżnia się palniki jedno i dwustopniowe. W jednostopniowych urządzeniach wydajność zmienia się na skutek włączenia lub wyłączenia palnika.

Palniki dwustopniowe pracują zaś z różnym poziomem mocy na danym stopniu – w pierwszym stopniu jest to moc mniejsza, w drugim moc właściwa.

Dwustopniowa konstrukcja jest zdecydowanie bardziej ekonomiczna.

Palniki olejowe dzięki systemowi zabezpieczeń zapewniają kontrolę pracy układu oraz wyłączenie palnika i odcięcie dopływu paliwa w razie nieprawidłowości.

Palniki nadmuchowe

Palnik nadmuchowy zbudowany jest z:

- korpusu palnika,
- wentylatora ssąco-tłoczącego powietrze z silnikiem,
- pompy olejowej lub armatury gazowej,
- transformatora zapłonowego i elektrod,
- automatu palnikowego,
- rury palnikowej,
- dyszy olejowej lub gazowej

Palniki i ich rodzaje

Palniki nadmuchowe

Nowoczesne palniki posiadają zapłon elektroniczny, w wyniku czego gaz zapala się od iskry w momencie włączenia kotła.

Pod względem rodzaju spalanego paliwa dzielą się na:

- palniki gazowe,
- olejowe,
- dwupaliwowe.

Pod względem konstrukcji na: jednoblokowe i dwublokowe (z oddzieloną głowicą spalania).

Pod względem sterowania wyróżnia się palniki:

- jednostopniowe,
- wielostopniowe,
- modulowane (z regulacją mocy od minimalnej do maksymalnej).

Palniki i ich rodzaje

Palnik atmosferyczny

W urządzeniach tego typu gaz wypływający z dyszy miesza się z powietrzem znajdującym się wokół niej.

Palniki atmosferyczne są tańsze niż nadmuchowe, lecz zdecydowanie mniej ekonomiczne.

Używa się ich w urządzeniach z otwartą komorą spalania, w których powietrze dostarczane jest w nadmiarze, co skutkuje mniejszą sprawnością odzysku ciepła zachodzącego w procesie kondensacji pary wodnej.

Na potrzeby kotłów kondensacyjnych utworzono tzw. palniki ze wstępnym mieszaniem stanowiące model pośredni między palnikami atmosferycznymi a nadmuchowymi.

Kotły z palnikiem atmosferycznym odznaczają się ponadto cichą pracą, małą wrażliwością na zmianę składu i ciśnienia, przystosowaniem do płynnych zmian temperatury wody i niskim zużyciem energii elektrycznej, dzięki temu, że nie posiadają wentylatora. Budowane są z żaroodpornej stali nierdzewnej i wyposażane w środki ograniczania emisji tlenków azotu.

Palnik gazowy

To urządzenie, za pomocą którego jest wyzwalamana chemicznie związana energia paliwa .

Palnik powinien spełniać cztery podstawowe zadania:

- doprowadzić gaz palny i powietrze,
- zmieszać gaz palny z powietrzem,
- zapalić mieszankę,
- realizować spalanie z możliwie małą emisją substancji szkodliwych,

Sposób mieszania gazów palnych z powietrzem określa podział systemów palnikowych:

- palnik gazowy bez wentylatora - atmosferyczny,
- palnik gazowy z wentylatorem - nadmuchowy.

Palnik atmosferyczny gazowy

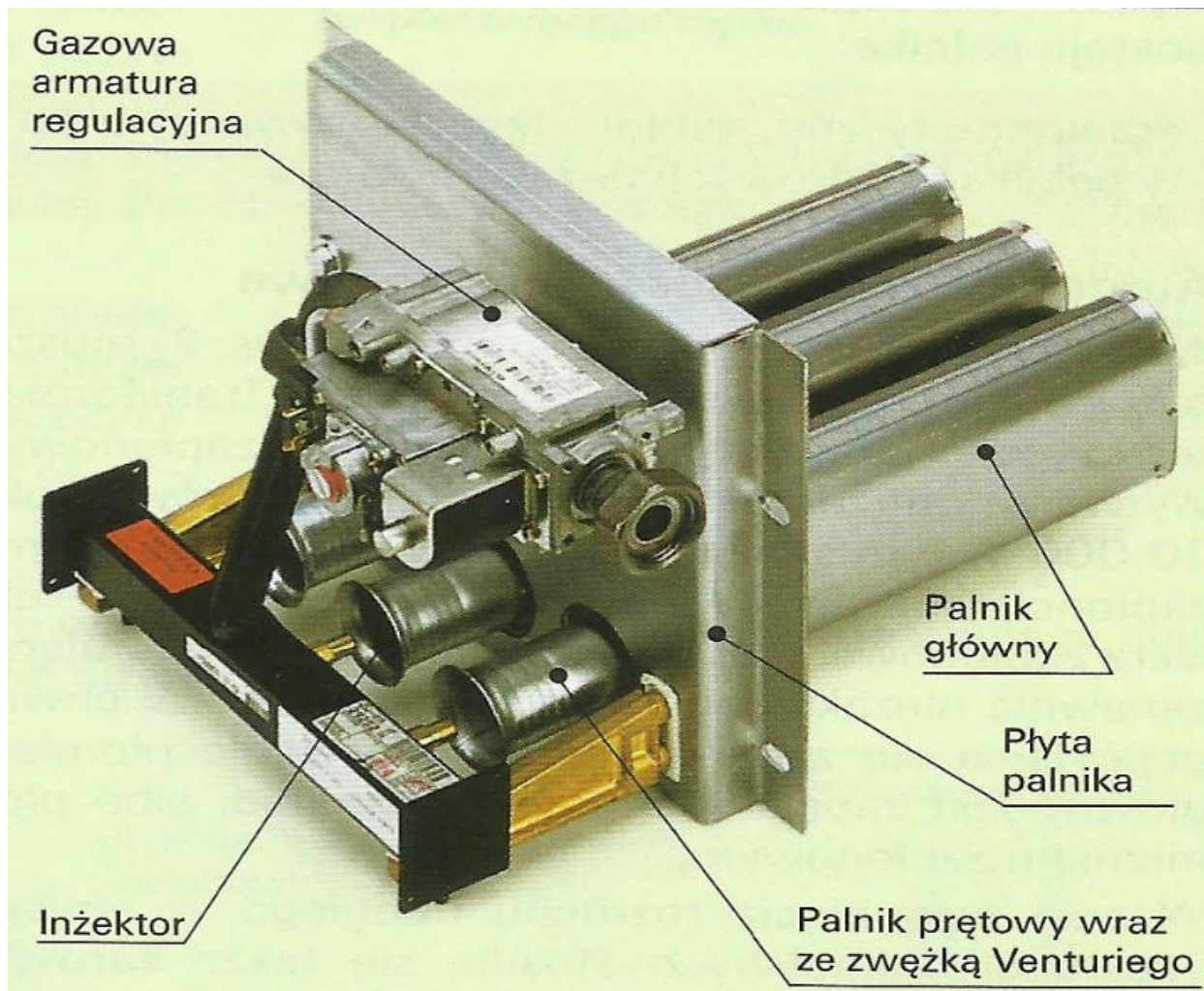
Palnik ten składa się z następujących głównych elementów:

- płyty palnika,
- przymocowanych do płyty palników prętowych wraz ze zwężką Venturiego,
- palnika głównego,
- gazowej armatury regulacyjnej,
- urządzenia zapłonowego (automatycznego lub półautomatycznego).
- urządzenia do kontroli obecności płomienia.

Zapłon półautomatyczny jest stosowany tylko w palnikach gazowych bez wentylatora, automatyczny w palnikach z wentylatorem i bez)

Palniki i ich rodzaje

Palnik atmosferyczny gazowy



Źródło [3]

Palniki i ich rodzaje

Palnik gazowy atmosferyczny

Palniki gazowe bez wentylatora – atmosferyczne.

W palnikach tych powietrze do spalania nie jest doprowadzone przez wentylator, lecz jest zasysane przez wypływający gaz palny oraz przez termiczny ciąg palącego się płomienia.

Palniki atmosferyczne można podzielić na:

- palnik z niepełnym wstępnym zmieszaniem – kinetyczno-dyfuzyjny,
- palnik z całkowitym wstępnym zmieszaniem - kinetyczny.

Palnik gazowy atmosferyczny

Palnik atmosferyczny z niepełnym wstępnym zmieszaniem – kinetyczno-dyfuzyjny.

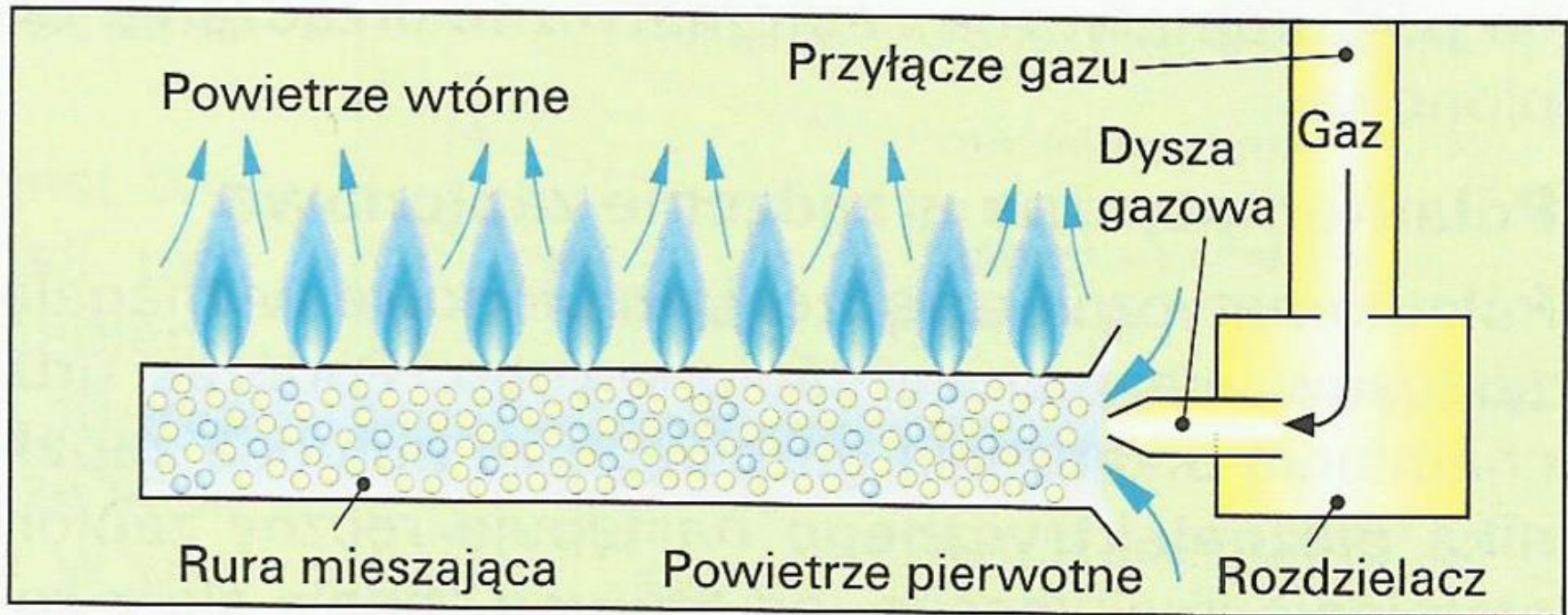
Z dyszy wypływa z dużą prędkością gaz palny do rury inżektorowej, przy czym powietrze do spalania (powietrze pierwotne) jest zasysane i mieszane z gazem palnym.

Po zapłonie powstaje mieszanina gaz-powietrze, która pali się nieświecącym niebieskim płomieniem.

Potrzebne dodatkowe powietrze resztkowe jest zasysane przez płomień, przez dyfuzję (wyrównanie różnicy koncentracji). Powietrze resztkowe nazywamy powietrzem wtórnym.

Palniki i ich rodzaje

Palnik gazowy atmosferyczny



1 Zasada działania palnika z niepełnym wstępnym zmieszaniem (kinetyczno-dyfuzyjnego)

Źródło [3]

Palniki i ich rodzaje

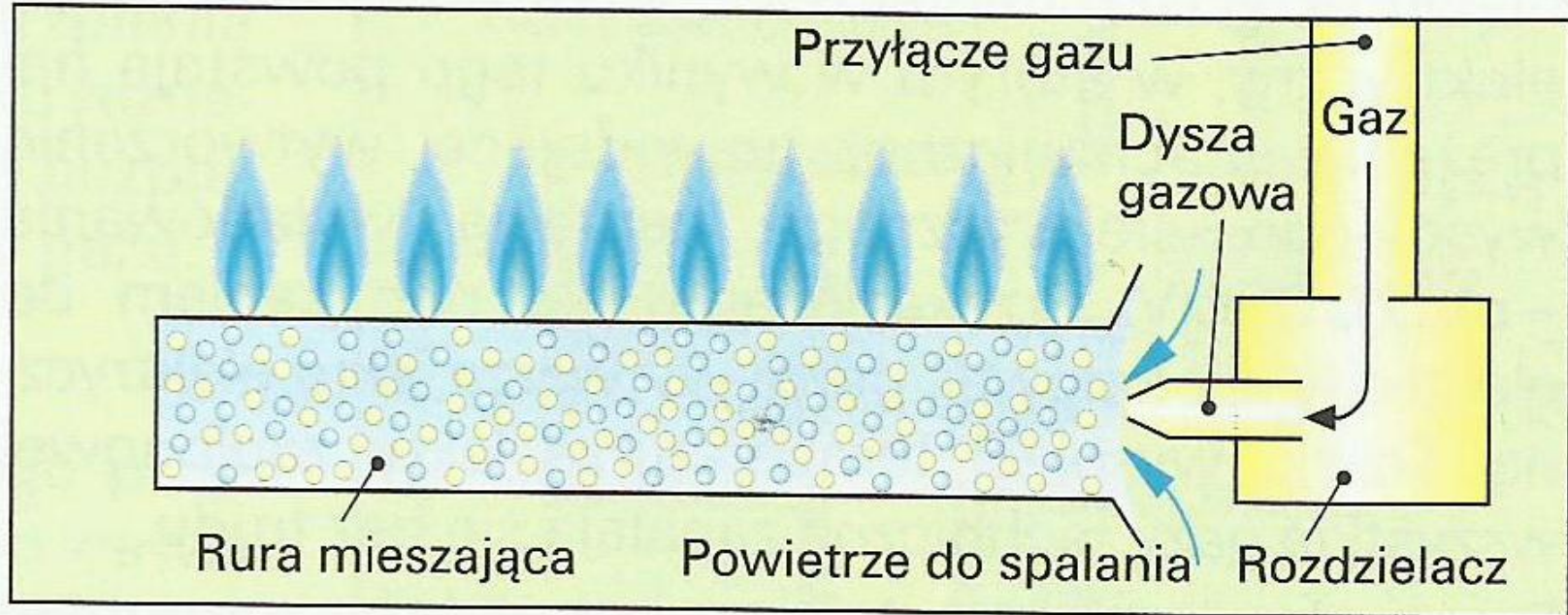
Palnik gazowy atmosferyczny

Palnik atmosferyczny z całkowitym wstępnym zmieszaniem – kinetyczny.

W palnikach tej konstrukcji całe powietrze do spalania jest mieszane z gazem palnym przed spaleniem.

Palniki i ich rodzaje

Palnik gazowy atmosferyczny



2 Zasada działania palnika z całkowitym wstępnym zmieszaniem (kinetycznego)

Źródło [3]

Palniki i ich rodzaje

Palnik gazowy atmosferyczny

Urządzenia do kontroli płomienia

Niespalone gazy palne mogą tworzyć z powietrzem silnie wybuchowe mieszaniny. Dlatego palnik musi zapewnić, przy zastosowaniu odpowiednich urządzeń, że zanik płomienia zapłonowego lub głównego spowoduje odcięcie dopływu gazu po czasie nie dłuższym niż czas bezpieczeństwa.

Jeżeli po upływie czasu bezpieczeństwa nie zostanie zasygnalizowana obecność płomienia, następuje wyłączenie awaryjne i palnik zostaje zablokowany.

- Płomienie zapłonowe palników atmosferycznych są kontrolowane przez **jonizujący układ nadzoru płomienia lub termoelektryczne zabezpieczenie zapłonu.**
- Płomień główny jest kontrolowany przez **jonizujący układ nadzoru płomienia lub przez czujnik płomienia UV.**

Palniki i ich rodzaje

Palnik gazowy atmosferyczny

Zalety:

- pracują cicho,
- mają niewiele ruchomych elementów,
- są wytrzymałe,
- charakteryzują się niewielkim zużyciem energii,
- niskie koszty nabycia.

Wady:

- wyższa emisja CO i NO_x,
- niższa sprawność w porównaniu z nadmuchowymi.

Palnik gazowy nadmuchowy

W palnikach tych powietrze niezbędne w procesie spalania jest doprowadzane za pomocą wentylatora.

Składają się one z następujących elementów głównych:

- wentylatora z silnikiem,
- czujnika ciśnienia powietrza,
- klapy powietrza do spalania z siłownikiem,
- urządzenia mieszającego,
- transformatora zapłonowego,
- urządzenia zapłonowego i kontroli płomienia,
- automatu palnikowego.

nik gazowy nadmuchiwy

1 Gazowy kurek odcinający
2 Filtr gazu
3 Regulator ciśnienia gazu minimalnego
4 Czujnik ciśnienia gazu
5 Podwójny zawór elektromagnetyczny
6 Elektroda jonizacyjna
7 Tarcza spiętrzająca
8 Elektroda zapłonowa
9 Głowica
10 Kołnierz palnika
11 Kołnierz uchylny
12 Przewód zapłonowy
13 Wziernik
14 Automat palnikowy
15 Czujnik ciśnienia powietrza
16 Silnik
17 Koło wentylatora
18 Otwór powietrza zasysanego
19 Siłownik regulacji zespolonej gaz/powietrze
20 Ciężna regulacji zespolonej gaz/powietrze

Palnik gazowy nadmuchowy

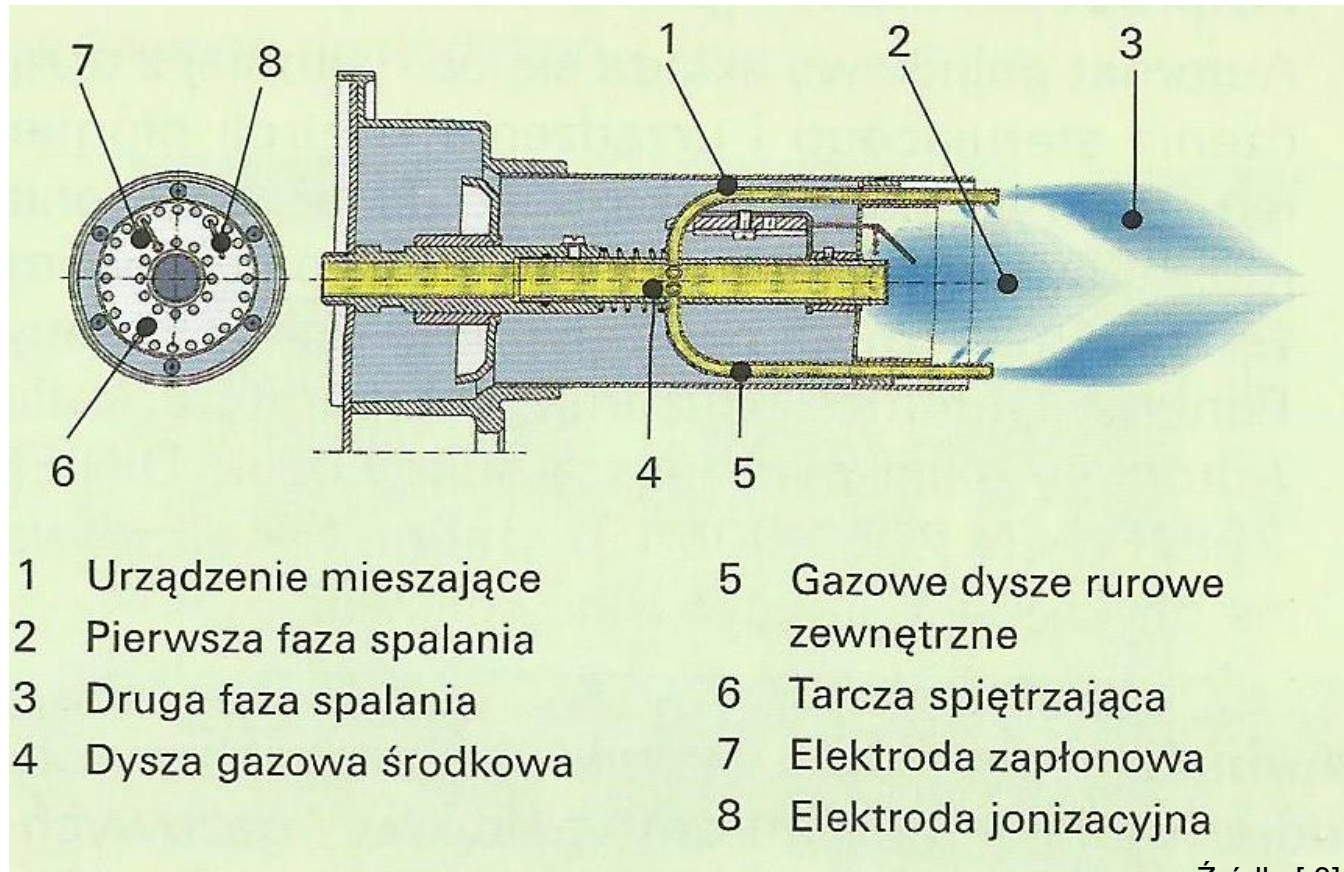
W popularnie stosowanych kotłach palnik i wentylator znajdują się w jednej obudowie są nazywane palnikami monoblokowymi.

Ponieważ doprowadzanie powietrza do gazowego palnika nadmuchowego jest niezależne od doprowadzania gazu, więc na palniku musi być zamontowany czujnik ciśnienia powietrza, który powoduje odcięcie dopływu gazu w razie zmniejszonego ciśnienia powietrza i awaryjne wyłączenie palnika.

Palniki i ich rodzaje

Palnik gazowy nadmuchowy

Zasada działania



Źródło [3]

Palniki i ich rodzaje

Palnik gazowy nadmuchowy

Urządzenia kontroli płomienia

Do kontroli płomienia gazowego palnika nadmuchowego są stosowane:

- diody UV,
- urządzenia kontrolne wykrywające prąd jonizacji,
- częstotliwościowa kontrola płomienia z czujnikiem podczerwieni.

Palniki i ich rodzaje

Palnik gazowy nadmuchowy

Automaty palnikowe

Są to elektryczne urządzenia sterujące i regulujące.

To urządzenia bezpieczeństwa i nie powinny być otwierane, ponieważ ingerencja osób nieuprawnionych może mieć poważne następstwa.

Palniki i ich rodzaje

Palnik gazowy nadmuchowy

Zalety:

- w niewielkim stopniu zależne od ciągu kominowego – powietrze do spalania jest doprowadzone za pomocą wentylatora,
- umożliwia to zachowanie małego nadmiaru powietrza i podwyższa sprawność,

Wady:

- większy hałas,
- większe zużycie energii elektrycznej,
- bardziej podatne na uszkodzenia.

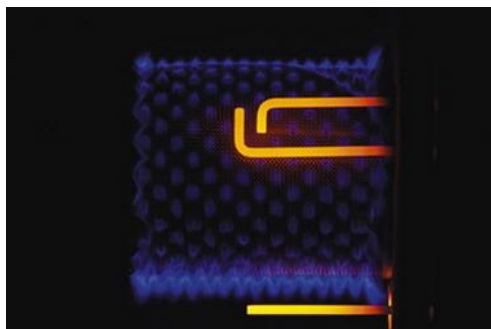
Każdy konwencjonalny kocioł grzewczy, który może pracować z gazowym palnikiem nadmuchowym, nadaje się do pracy z olejowym palnikiem nadmuchowym.

Palniki i ich rodzaje

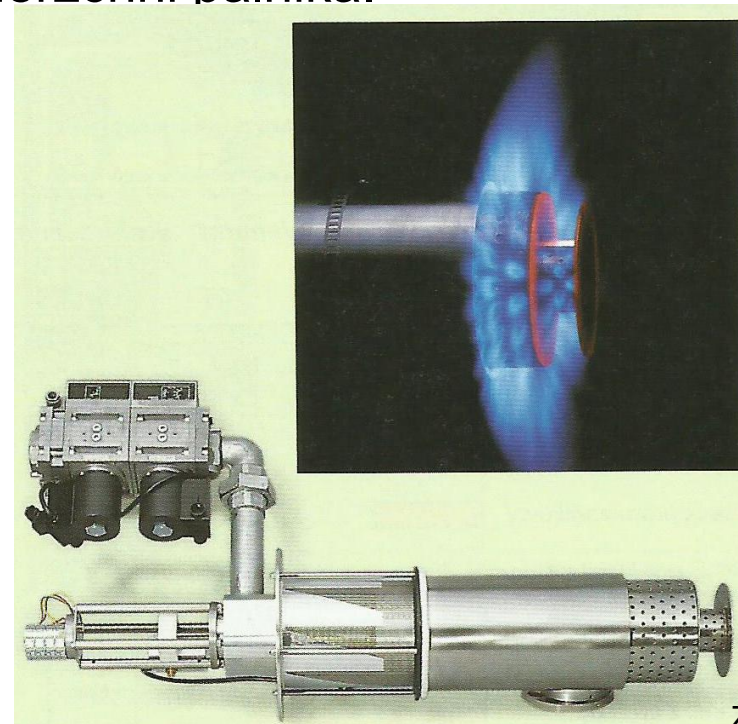
Powierzchniowe palniki promiennikowe

Nie potrzebują one powietrza wtórnego do spalania. Całkowita potrzebna do spalania ilość powietrza jest wstępnie zmieszana. Mieszanka gaz paliwo jest równomiernie prowadzona na całej powierzchni palnika.

Cylindryczny palnik powierzchniowy



www.viessmann.pl



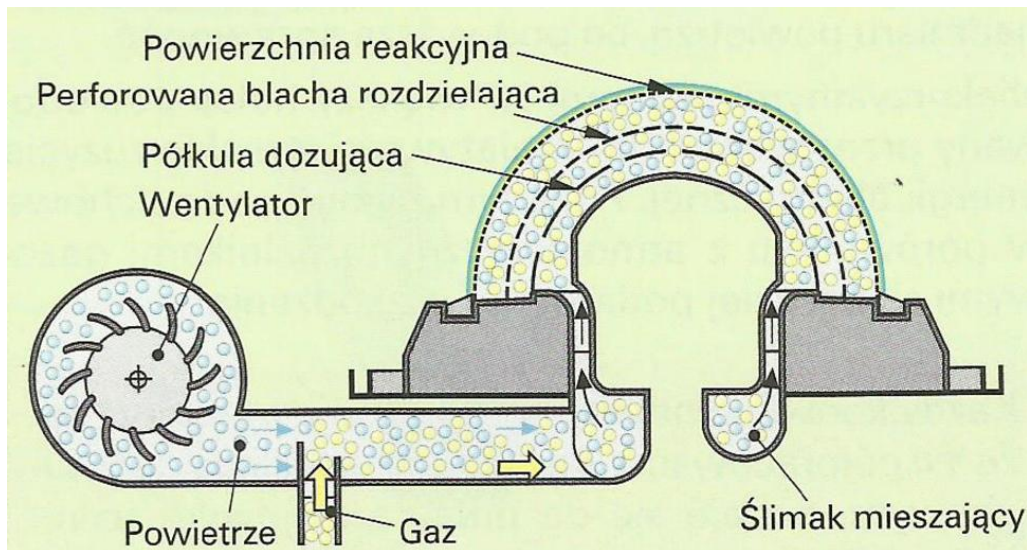
Źródło [3]

Palniki i ich rodzaje

Powierzchniowe palniki promiennikowe

Palnik promiennikowy Matrix

Palnik MatriX to najwyższe osiągnięcie techniki spalania dostępne na rynku już od 20 lat, przez które to podlegał stałemu rozwojowi, znajdując zastosowanie najpierw w kotłach gazowych niskotemperaturowych, a obecnie wyłącznie kondensacyjnych.



Źródło [3]

www.viessmann.pl

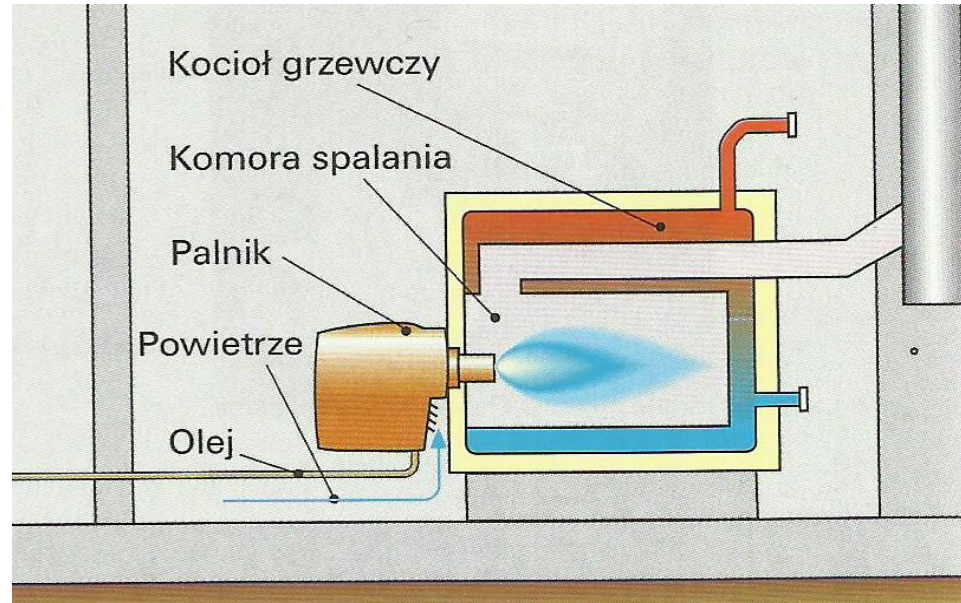
Palniki i ich rodzaje

Palnik olejowy

Palniki olejowe wytwarzają ciepło w wyniku spalania mieszaniny opary oleju - powietrze.

Wyróżniamy palniki:

- z odparowaniem oleju,
- z rozpylaniem oleju.



Źródło [3]

Palnik olejowy z odparowaniem

Stosowane są w kotłach o mocy do 12 kW. Olej spala się dopiero wówczas gdy odparuje, zmiesza się z powietrzem i mieszanina opary oleju-powietrze osiągną temperaturę zapłonu.

Palnik olejowy nadmuchowy z odparowaniem

Są przeważnie używane w piecykach do centralnego ogrzewania w mieszkaniach.

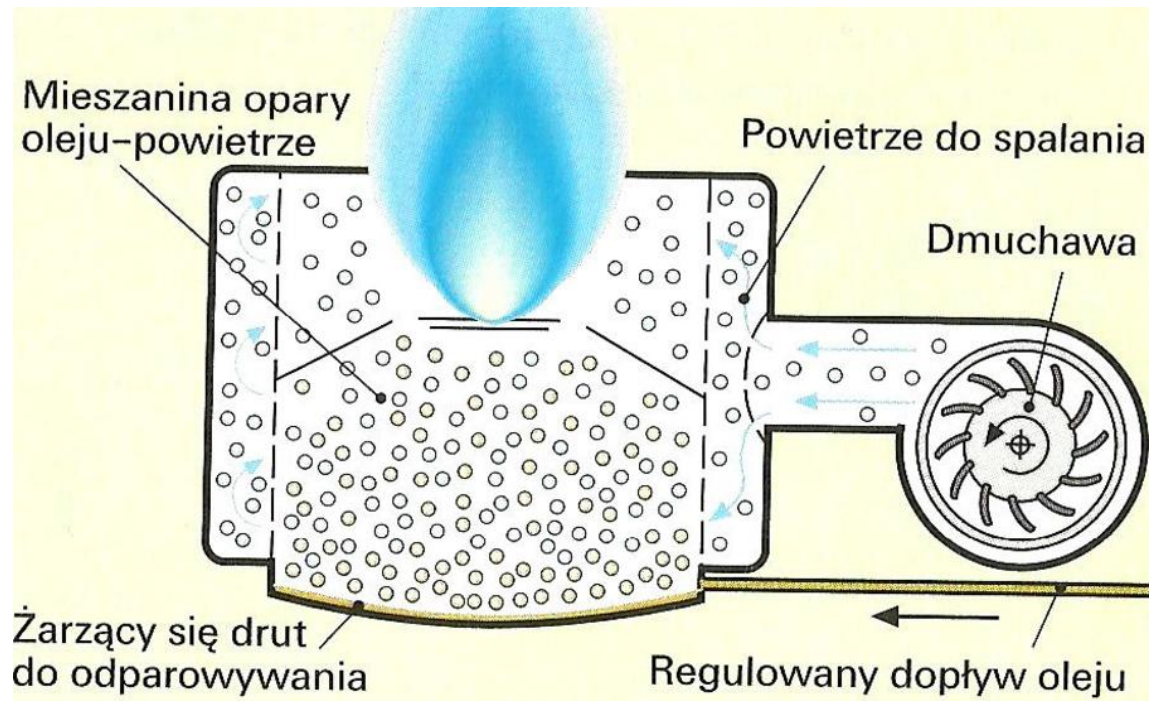
Magazynowanie oleju opałowego w mieszkaniu powoduje podwyższanie niebezpieczeństwa pożarowego.

Dmuchawa zapewnia niezależną od niekorzystnych wpływów komina pracę instalacji, ułatwia tworzenie się mieszaniny opary oleju-powietrze.

Instalacje grzewcze z palnikami nadmuchowymi z odparowaniem oleju są wyposażone w regulator temperatury pomieszczenia i regulator temperatury kotła, który nastawia żądany przepływ oleju za pomocą zaworu.

Palniki i ich rodzaje

Palnik olejowy nadmuchowy z odparowaniem



Źródło [3]

Palnik olejowy z rozpylaniem oleju

Olej opałowy przed spalaniem musi być rozpylony na jak najmniejsze drobiny, zawieszony i możliwie dokładnie zmieszany z powietrzem.

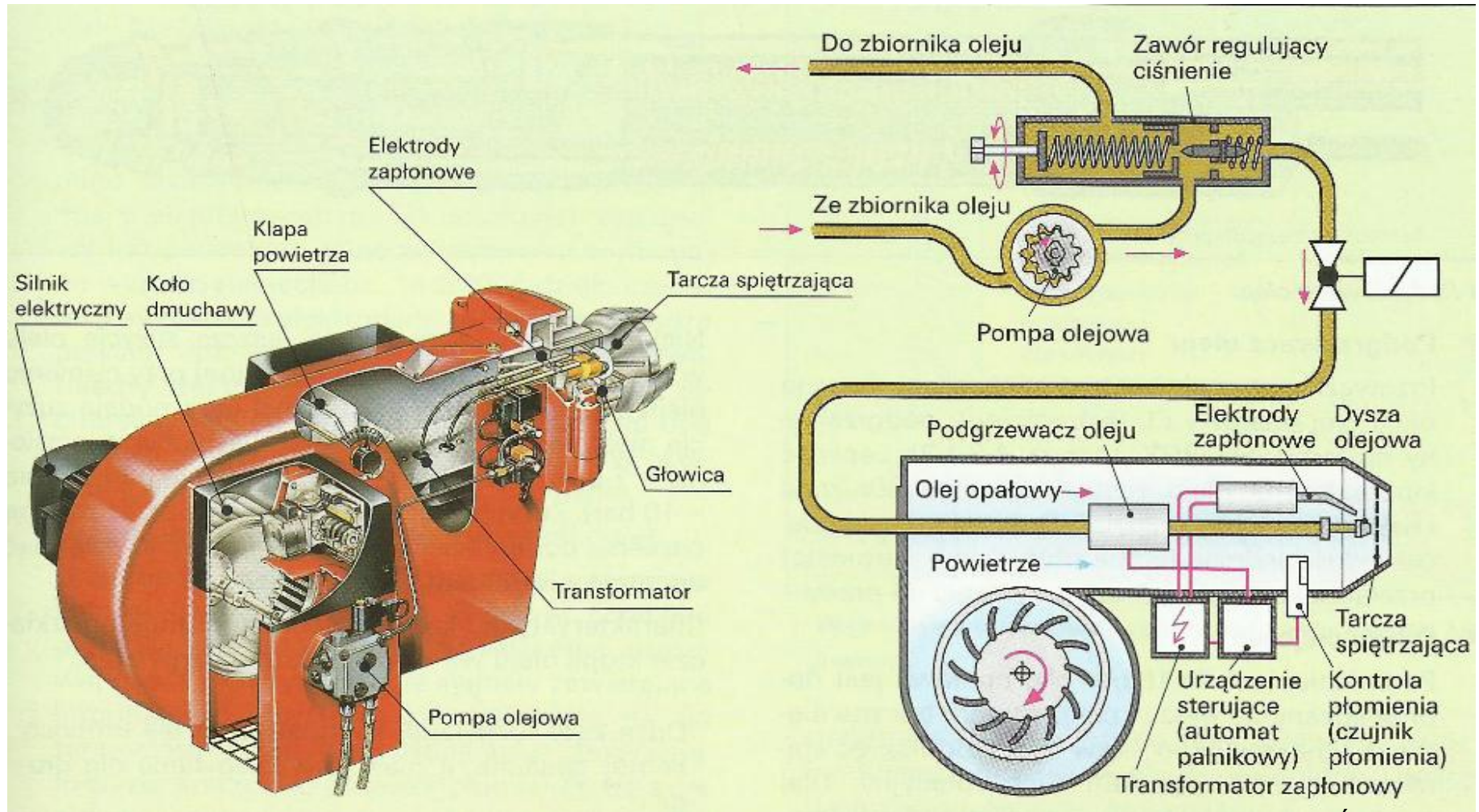
Najczęściej używanym palnikiem z rozpylaniem oleju jest wysokociśnieniowy palnik rozpylający.

Tłoczy on przez dyszę zassany ze zbiornika olej, a dmuchawa doprowadza powietrze niezbędne w procesie spalania.

Podczas spalania płomień jest kontrolowany przez element nadzorujący – czujnik płomienia.

Palniki i ich rodzaje

Palnik olejowy z rozpylaniem oleju



Źródło [3]

Palnik olejowy z rozpylaniem oleju

Do doprowadzenia oleju, jego rozpylenia i zmieszania z powietrzem są potrzebne niezbędne elementy:

- **silnik elektryczny** – za pomocą wału napędza koło dmuchawy, które przez sprzęgło napędza pompę olejową,
- **pompa olejowa** – pompa zębata – zasysa olej ze zbiornika i przetłacza go przez dysze pod ciśnieniem 7-16 bar. Ciśnienie na pompie jest nastawione za pomocą zaworu regulującego ciśnienie,
- **dmuchawa** – zapewnia doprowadzenie powietrza do spalania,
- **podgrzewacz oleju** – olej opałowy EL jest podgrzewany do temp. 50-80 °C, zostaje obniżona lepkość kinematyczna oleju i można go lepiej rozpylać.
- **dysze olejowe** – muszą być dopasowane do mocy palnika i do komory spalania. Kąt rozpylenia 30,45,60,80,90. Duże kąty są stosowane dla krótkich komór spalania, a małe dla długich,

Palnik olejowy z rozpylaniem oleju

- **filtr oleju** – zatrzymuje zawarte w oleju zawiesiny i uniemożliwia zabrudzenia,
- **automatyczne urządzenie zapłonowe** – transformator zapłonowy lub powielacz napięcia wytwarza wymagane wysokie napięcie (14 000V), dzięki czemu między dwiema elektrodami zapłonowymi może powstać łuk elektryczny lub iskra zapłonowa,
- **urządzenie sterujące** – automat palnikowy – w którym zaprogramowane są przebiegi pracy palnika olejowego,
- **kontrola płomienia** - fotorezystor, dioda UV, detektor zmiennego promieniowania podczerwonego.

Palniki i ich rodzaje

Palnik olejowy z rozpylaniem oleju

Rodzaje i sposób pracy palników

System mieszania ma za zadanie możliwie silnie zmieszać mgłę olejową z powietrzem do spalania. Ze względu na konstrukcje i sposób działania wyróżniamy palniki:

- palnik „**żółty**” z systemem mieszania – tarcza spiętrzająca,
- palnik „**niebieski**” – tzw. rakietowy system mieszania,

Palnik olejowy z rozpylaniem oleju

W palnikach „**żółtych**” w rurze płomieniowej jest umieszczona tarcza spiętrzająca z kilkoma otworami. Położenie tarczy spiętrzającej i jej otworów umożliwia podział powietrza do spalania na trzy częściowe strumienie powietrza:

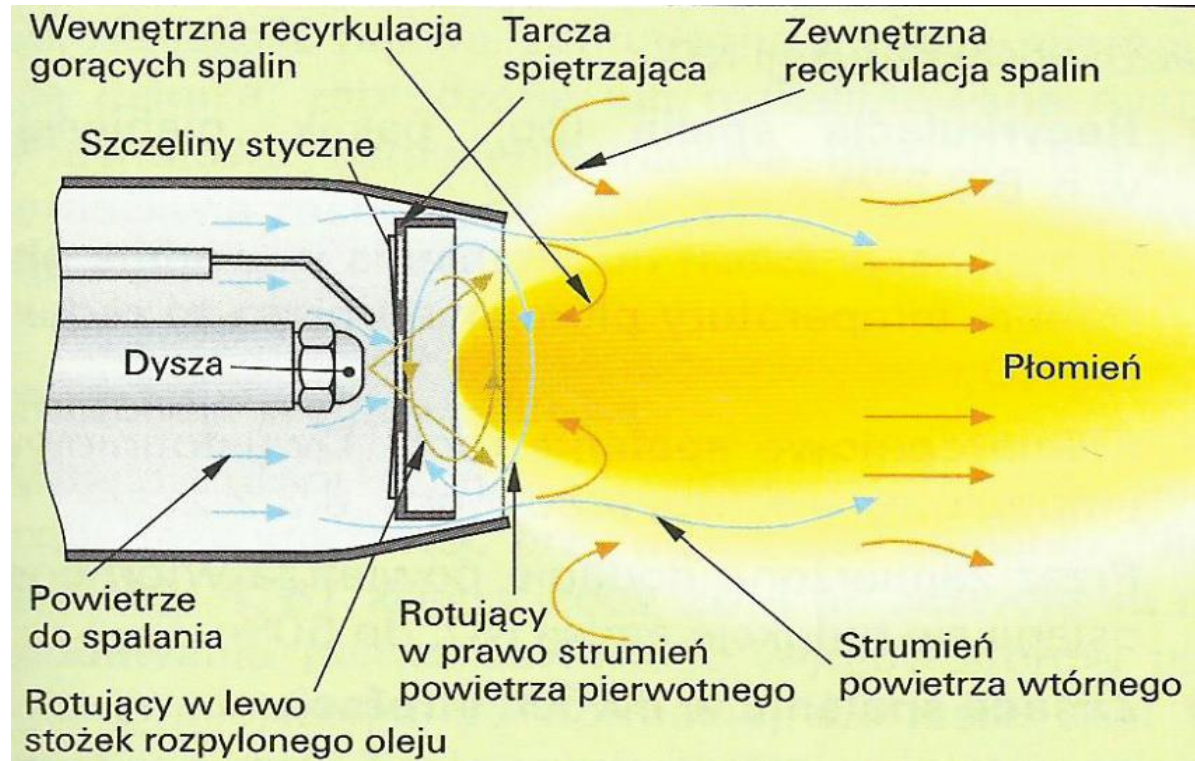
- wspólny z rotującą w lewo mgłą olejową, powietrze jest podawane centralnie przez otwór wewnętrzny tarczy w strefę reakcji,
- rotujący w prawo strumień powietrza przepływający w części środkowej przez ukośnie ustawione szczeliny,
- koncentryczny przechodzący na zewnątrz przez pierścieniową szczelinę między rurą płomieniową a tarczą.

Dwa pierwsze strumienie stanowią powietrze pierwotne, trzeci to strumień powietrza wtórnego. Dzięki podziałowi powietrza, regulacji ciśnienia dmuchawy i zużycia oleju jest możliwe osiągnięcie optymalnego dopasowania do aktualnie panujących warunków w komorze spalania.

Palniki i ich rodzaje

Palnik olejowy z rozpylaniem oleju

Palnik „żółty”



Źródło [3]

Palniki i ich rodzaje

Palnik olejowy z rozpylaniem oleju

Palnik „niebieski”

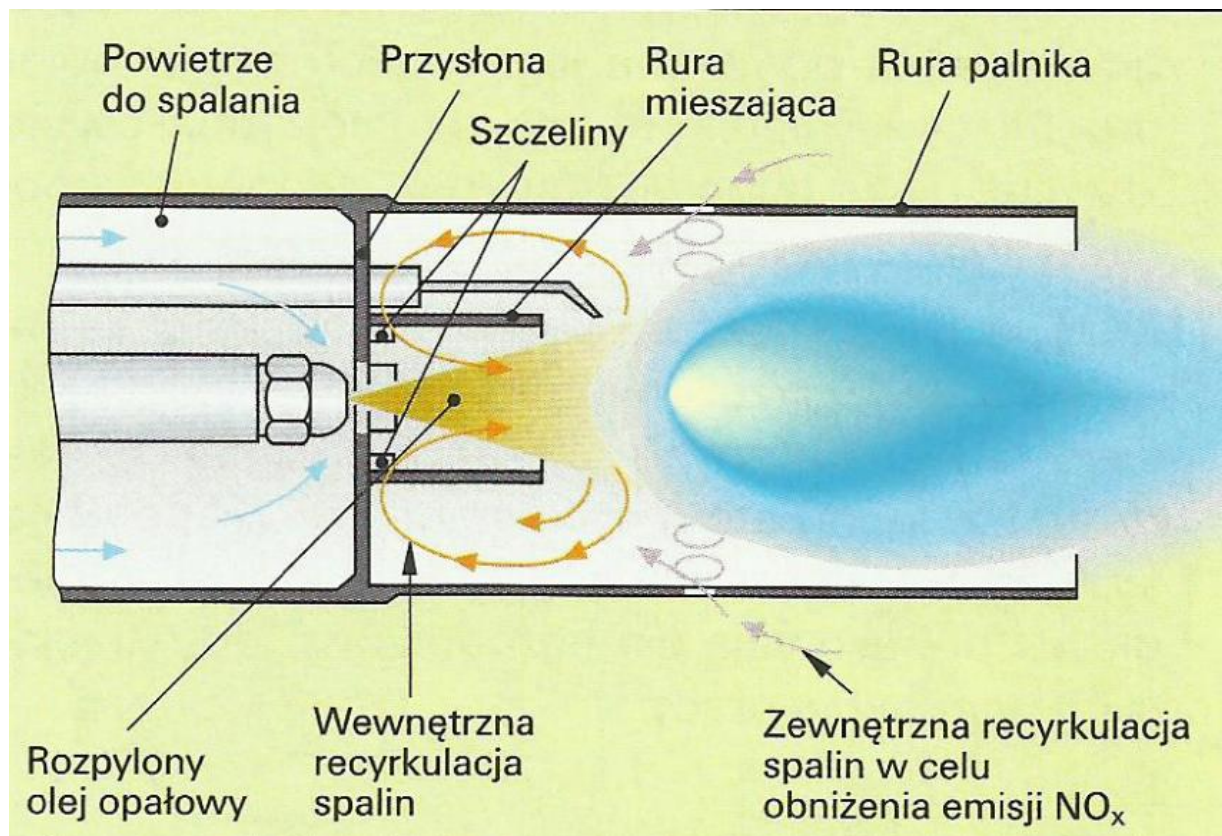
Palniki z raketowym systemem mieszania składają się z przysłony i rury mieszania, która jest umieszczona w rurze palnika.

Olej jest rozpylany przez dyszę umieszczoną centralnie w systemie mieszania. Zostaje osiągnięte prawie pełne spalanie z niebieskim płomieniem. Przy tego typu spalaniu nie tworzą się sadze.

Palniki i ich rodzaje

Palnik olejowy z rozpylaniem oleju

Palnik „niebieski”



Źródło [3]

Palniki dwupaliwowe

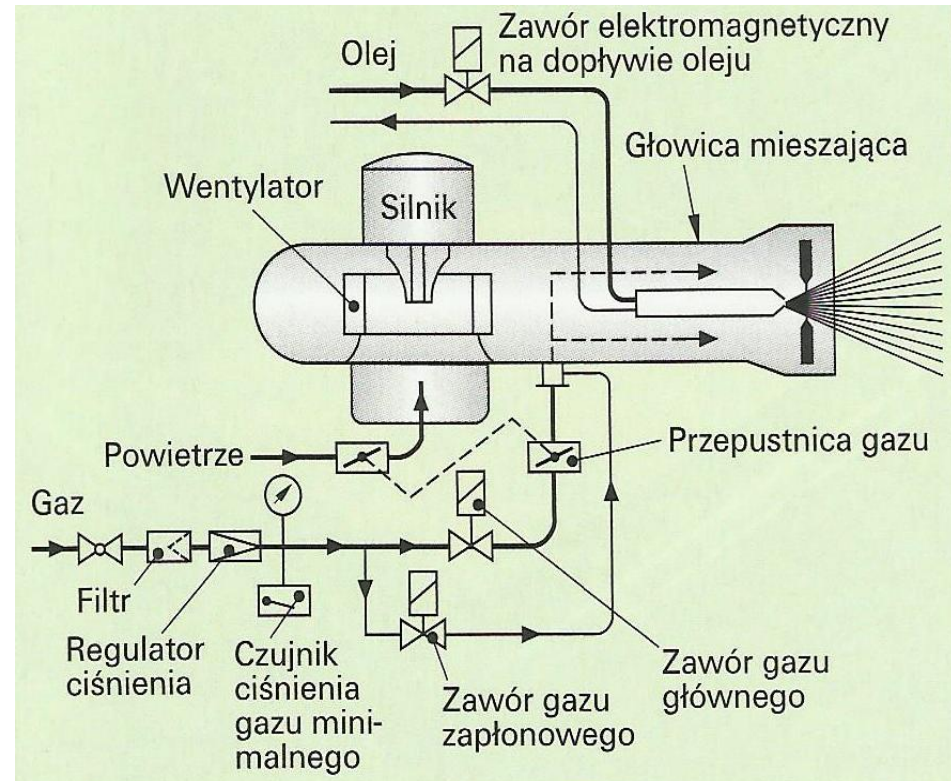
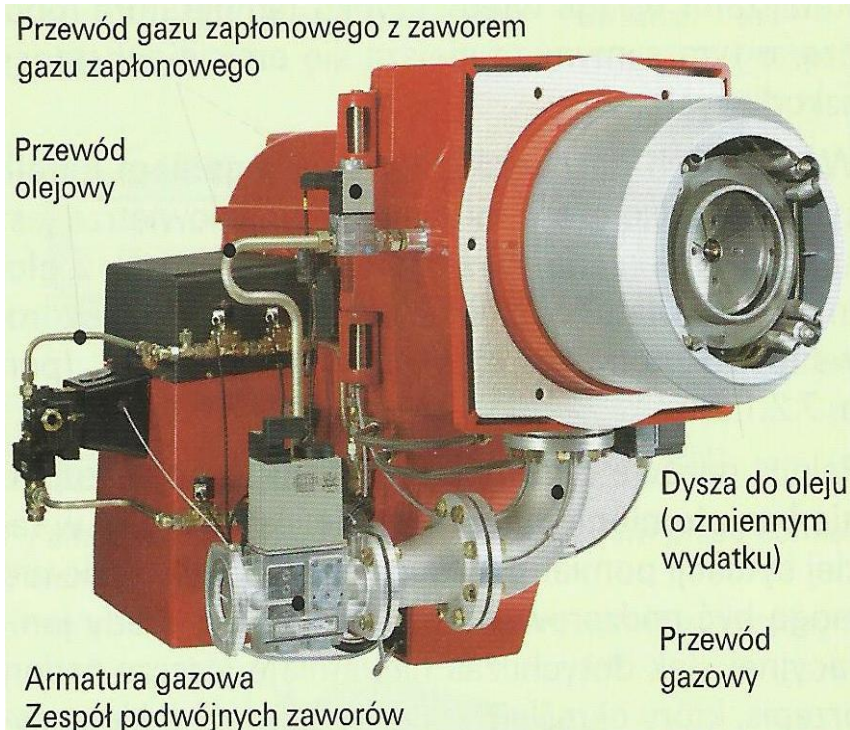
Mogą pracować jednocześnie lub naprzemiennie na gaz lub olej. Dysze gazowe są umieszczone przeważnie promieniowo dookoła znajdującej się w środku dyszy olejowej.

Zastosowanie tego palnika może być celowe wówczas gdy dąży się do większej niezależności nie tylko pod względem ekonomicznym, ale także zaopatrzenia.

Stosuje się w dużych instalacjach.

Palniki i ich rodzaje

Palniki dwupaliwowe



Źródło [3]

Systemy energetyki odnawialnej

Dziękuję za uwagę

Zapraszam na kolejny wykład

