

Ewald WYSTEMP

WPŁYW STOPNIA ROZDROBNIENIA WĘGLA NA PROCES JEGO KOKSOWANIA

Streszczenie. W pracy rozpatrzono zagadnienie doboru optymalnej średnicy ziaren węgla z uwagi na ich dobre pokrycie substancjami termobitumicznymi podczas procesu koksowania.

1. Wstęp

Powszechnie wiadomo, że jakość koksu jest uzależniona od właściwości węgla i technologii jego koksowania. Dlatego też w celu uzyskania równomiernej struktury koksu najwygodniej byłoby stosować do jego produkcji jeden gatunek węgla o odpowiednim stopniu uziarnienia. Niewystarczająca ilość węgla koksujących zmusza przemysł koksowniczy do stosowania mieszanek węglowych z udziałem węgla energetycznych. Składnikami uszlachetniającymi w takich mieszankach są węgle typu 33 i 34. Zadaniem tych węgla, jak również węgla typu 35 i 36 jest wytworzenie substancji termobitumicznych, które - w procesie koksowania - odpowiedzialne są za uzyskanie stanu plastycznego mieszanki wsadowej [1], [2]. Dobre własności termoplastyczne mieszanki węglowej uzyskuje się też po dodaniu smoły, paku, olejów ciężkich, mazutu [3] i innych dodatków jak bojuntanu [2], [3].

Inną drogą uzyskania możliwie dobrej struktury koksu jest większe zwrócenie uwagi na stopień uziarnienia poszczególnych komponentów mieszanki wsadowej. Jak dotąd w literaturze i praktyce problem ziarnistości sprowadza się do tego, aby udział ziaren poniżej 0,5 mm był mały. Autor nie spotkał w literaturze opracowań, które miałyby na celu badanie wpływu wielkości ziarna danego węgla na jakość ich "pokrycia" smołą w procesie koksowania. Dlatego też w niniejszej pracy podjęto próbę określenia optymalnych wymiarów ziaren trzech rodzajów węgla, przy których zachodzi najkorzystniejsze "pokrycie" termobitumenami.

2. Proces odgazowania

Głównymi produktami wysokotemperaturowego koksowania naturalnych paliw stałych są: koks, smoła i gaz. Gaz wydzielający się w procesie termicznego rozkładu węgla zawiera zwykle ciężkie węglowodory, głównie w postaci mgły smołowej. Wydajność smoły można wyznaczyć doświadczalnie przepusz-

czając gaz (surowy) przez watę szklaną i ważyć przyrost jej masy. Istnieją też laboratoryjne przyrządy do wyznaczania wydajności smoły jak: aparaty Gray-Kinga, Jenkuera i inne.

Poznanie zjawiska odgazowania paliw stałych ma doniosłe znaczenie teoretyczne i praktyczne, gdyż naświetla zachodzące przemiany fizykochemiczne w surowcach karbonizowanych. Badania zamieszczone w pracy [5] miały między innymi na celu określenie wydajności ciekłych węglowodorów (smoły) w zależności od średnicy ziaren węgla. Wyniki tych badań, wykorzystuje się w niniejszym opracowaniu.

Wiele procesów chemicznych w przemyśle, w tym również procesy karbonizacji, przebiegają pod ciśnieniem atmosferycznym. Również badania w pracy [5] prowadzone przy ciśnieniu atmosferycznym.

W badaniach przeprowadzonych w pracy [5] posługiwano się próbkami węgla w stanie powietrzno-suchym. Masa każdej próbki wynosiła 10 g, a stopień rozdrobnienia węgla - określony średnią arytmetyczną rozmiarów oczek sąsiednich sit - wynosił od 0,2525 do 2,5 mm. W przedziale tym mieściło się łącznie 6 średnic (umownych) ziaren węgla. Proces odgazowania przeprowadzono w mufli, którą przedmuchiowano argonem w celu pozbycia się tlenu (z powietrza) w bezpośrednim otoczeniu ogrzewanego węgla. Smołę ujmowano w odbieralniku wypełnionym watą szklaną. Za odbieralnikiem smoły podłączono pęcherzykowy wskaźnik przepływu gazu. Proces odgazowania każdorazowo kończono, gdy w danej temperaturze mufli ze wskaźnika przepływu w ciągu 60 s wypływało nie więcej niż 10 pęcherzyków gazu, co w przybliżeniu odpowiada warunkowi

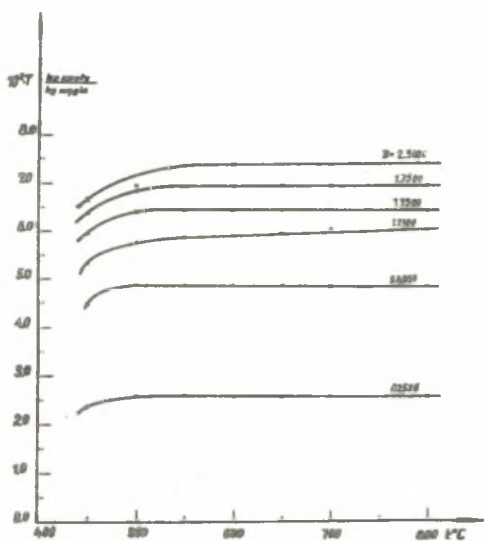
$$\frac{dV_g}{dt} \leq 5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}} \quad (2.1)$$

Gdzie dV_g jest objętością wydzielanych gazowych części lotnych w czasie dt . Wydajność smoły ustalono dla następujących temperatur ogrzania węgla: 450, 500, 550, 600, 650, 700 i 800°C. Proces odgazowania odbywał się w tzw. warunkach izotermicznych, a wyniki pomiarów przedstawił na rysunkach 1 i 2.

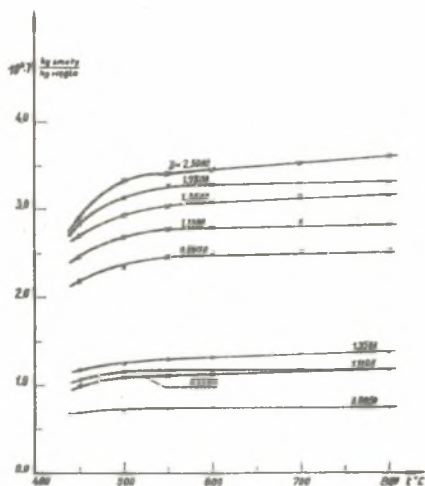
Wydajności smoły zostały przeliczone na stan węgla bezwodnego i bezpopiołowego, według wzoru

$$\tau_{daf} = \frac{m_T}{m_o^{daf}} \quad (2.2)$$

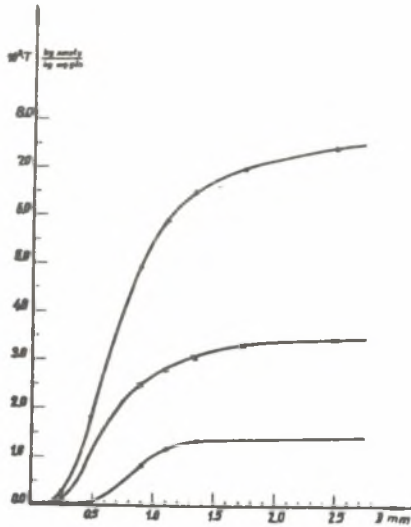
w którym m_T oznacza masę smoły, a m_o^{daf} masę węgla bezwodnego i bezpopiołowego próbki.



Rys. 1. Wydajność smoły w funkcji temperatury karbonizacji węgla dla danej średnicy ziaren
 Parametry węgla: $V^{daf} = 0,3616$; $A^s = 0,1343$



Rys. 2. Wydajność smoły w funkcji temperatury karbonizacji węgla dla danej średnicy ziaren
 Parametry węgla: $V^{daf} = 0,2086$; $A^s = 0,1456$
 $V^{daf} = 0,2086$; $A^s = 0,0759$

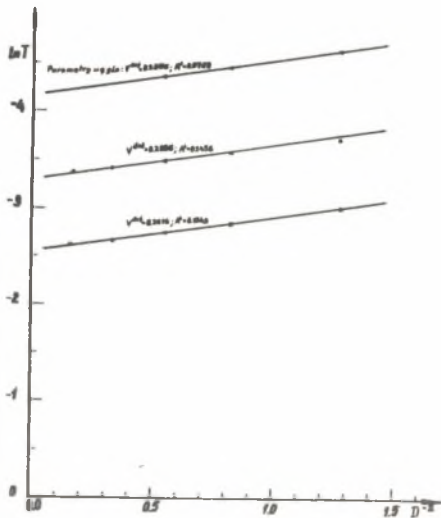


Rys. 3. Wydajności smoły w funkcji średnicy ziaren węgla dla temperatury 550°C

$$v^{daf} = 0,2086; A^S = 0,1456$$

Parametry węgla: xxxx

$$v^{daf} = 0,2086; A^S = 0,0759$$



Rys. 4. Wykres $T-D^{-2}$ dla temperatury 550°C

3. Wydajność smoły w procesie termicznego rozkładu węgla

Przedstawione na rysunkach 1, 2 i 3 wyniki odgazowania węgla obrazują, jak istotny napływ na wydajność smoły ma stopień ich rozdrobnienia.

W celu matematycznego ujęcia zależności wydajności smoły od średnicy ziaren wyniki pomiarów przedstawiono w funkcji liniowej w układzie półlogarytmicznym ($\ln T_o^{daf}$, D^{-2}) na rysunku 4 i opisano zależnością

$$\ln T_o^{daf} = \ln T_o^{daf} - \frac{b}{D^2}. \quad (3.1)$$

We wzorze T_o^{daf} jest wydajnością ekstrapolowaną dla przypadku, gdy średnica ziaren jest nieskończenie wielka, zaś b jest stałą kierunkową prostej dla danego węgla. Obliczone wartości T_o^{daf} i b zestawiono w tabelicy 1.

Tabela 1

Parametry węgla 1 nr próby	$v^{daf} = 36,16\%$		$v^{daf} = 20,86\%$	
	$A^s = 13,43\%$ 1-6		$A^s = 7,59\%$ 7-9	$A^s = 14,56\%$ 10-15
T_o^{daf} $\frac{\text{kg smoły}}{\text{kg węgla}}$	0,078878		0,015289	0,035830
b mm^2	0,371056		0,330181	0,301804
D_{k1} mm	0,61		0,57	0,55

4. Wyznaczenie średnicy najkorzystniejszego "pokrycia" ziarna smołą

W procesie produkcji koksu pojedyncze ziarna węgla wydzielają smołę, której część - w wysokim złożu - wchodzi w reakcje chemiczne z głównymi związkami i pierwiastkami wsadu koksowniczego. Tę część smoły nazwano umownie smołą pokrywającą ziarna wsadu węglowego. Podczas gdy w warunkach laboratoryjnych oznaczona jest prawie cała ilość wydzielającej się smoły, w warunkach procesu koksowniczego tylko niewielka część tej smoły unoszona jest w strumieniu gazu koksowniczego. W niniejszej pracy zakłada się, że smoła oznaczona w warunkach laboratoryjnych, w warunkach przemysłowych w całości reaguje z wsadem (pokrywa ziarna węgla wsadowego i reaguje z nim).

Podczas więc dalszego ogrzewania wsadu koksowniczego smoła ulega termicznemu rozkładowi, wydzielają się produkty gazowe, a w miejsce sił kohezji (zlepiania się) pojawiają się wiązania chemiczne. Zatem dobre "pokrycie" (jak już powiedziano we wstępie) pojedynczych ziaren smołą ma de-

cydujące znaczenie w procesie koksowania. Średnicę ziaren D_{k1} dla danego węgla, od której zaczyna się najkorzystniejsze pokrycie smołą, można wyznaczyć z wzoru (3.1), po sprowadzeniu go do postaci

$$U = \frac{\tau_{daf}}{D^2} = \frac{\tau_o^{daf}}{D^2} \cdot e^{-\frac{b}{D^2}} \quad (4.1)$$

We wzorze tym symbol U oznacza wydajność smoły przypadającą na jednostkę powierzchni zewnętrznej ziaren. Zatem z warunku

$$\frac{dU}{dD_{k1}} = 0, \quad (4.2)$$

otrzymamy szukaną wartość średnicy ziaren

$$D_{k1} = \sqrt{b}. \quad (4.3)$$

Ziarna mniejsze od D_{k1} dla danego węgla są mniej pokrywane smołą i wykazują z malejącą średnicą zanikającą przydatność do tworzenia koksu. Zatem ziarna takie można stosować jako dodatki schudzające mieszanek wsadową.

W tabelicy 2 zestawiono wyniki względnej wydajności termobitumenów $\left(\frac{U(D)}{U(D=D_{k1})}\right)$ dla różnych średnic ziaren.

Tabelica 2

Nr próby	D	mm	2,0	1,5	1,0	D_{k1}	0,5
1-6	$\frac{U(D)}{U(D=D_{k1})}$	%	22,98	38,01	69,60	100	91,45
7-9			20,66	34,80	65,18	100	96,85
10-15			19,02	31,88	60,33	100	98,14

Z tabelicy 2 wynika, że również ziarna o średnicach większych od D_{k1} wykazują malejącą wydajność U termobitumenów. Największą zaś wartość funkcja U osiągnie dla ziaren o średnicy $D_{k1} = \sqrt{b}$. Zatem

$$U_{max} = \frac{\tau_o^{daf}}{e \cdot b}. \quad (4.4)$$

Warto podkreślić, że występująca we wzorach wielkość b wyznacza się z danych doświadczalnych dla najmniej dwu różnych średnic węgla w stosunkowo prostym doświadczeniu.

5. Intensywność zmian wydajności termobitumenów

Również charakterystyczną wielkością procesu karbonizacji węgla jest intensywność W wydajności smoły określoną zależnością

$$W = \frac{dU}{d(D^2)}. \quad (5.1)$$

Największa intensywność wydajności termobitumenów wynika z warunku

$$\frac{dW}{d(D_{k2}^2)} = 0. \quad (5.2)$$

Z równania (4.1), (5.1) i (5.2) wyznaczyć można średnice:

$$(D_{k2})_1 = \sqrt{\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \cdot b}, \quad (5.3)$$

oraz

$$(D_{k2})_2 = \sqrt{\left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \cdot b}. \quad (5.4)$$

Wartości te pozwalają obliczyć maksymalne intensywności:

$$W_{1 \max} = \frac{\sqrt{2}}{2 \cdot \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)^3} \cdot e^{-\frac{1}{1 - \frac{\sqrt{2}}{2}}} \cdot \frac{\Gamma_0^{\text{daf}}}{b^2} \quad (5.5)$$

i

$$W_{2 \max} = -\frac{\sqrt{2}}{2 \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right)^3} \cdot e^{-\frac{1}{1 + \frac{\sqrt{2}}{2}}} \cdot \frac{\Gamma_0^{\text{daf}}}{b^2}. \quad (5.6)$$

Ujemną wartość $W_{2 \max}$ można wytłumaczyć tym, że funkcja U początkowo rośnie, osiąga wartość największą i następnie maleje.

6. Wnioski

W zakresie temperatur do 500°C zachodzą duże zmiany wydajności smoły, co jest widoczne na rys. 1 i rys. 2. Po przekroczeniu tej temperatury za-

uważa się tylko nieznaczne zmiany wydajności. Zatem dla celów praktycznych można przyjąć, że począwszy od temperatury 550°C ilość wydzielonej smoły nie ulega zmianie.

Widoczny jest wpływ wielkości ziaren na wydajność smoły. Według danych doświadczalnych wydajność smoły wzrasta ze wzrostem średnicy ziaren. Podobne wyniki uzyskali Agde i Gözl [4] podczas badania ziaren o średnicach 1, 2, 3 i 4 mm.

Dla ziaren mniejszych od D_{k1} wydajność smoły szybko maleje, a zatem ziarna te wykazują zanikającą przydatność do tworzenia koksu.

Z przeprowadzonych badań wynika również, że - w związku z gorszym "pokryciem" ziaren wsadu smołą - nieprzydatne do tworzenia koksu są ziarna o średnicy $D \gg D_{k1}$.

LITERATURA

- [1] Roga B., Tomków K.: Chemiczna technologia węgla. WNT, Warszawa 1971.
- [2] Wasilewski P., Kobel-Najzarek E.: Chemiczna przeróbka węgla kamiennego. Skrypt uczelniany nr 704, Gliwice 1977.
- [3] Zieliński H.: Współczesne metody koksowania. Śląsk, Katowice 1967.
- [4] Kowalski J., Rosiński S.: Chemia i technologia węgla brunatnego. PWN, Warszawa 1957.
- [5] Folwarczny J., Wystemp E.: Badanie kinetyki wydzielania się ciężkich węglowodorów w procesie odgazowania paliw stałych. Sprawozdanie z pracy własnej nr T. 2. Z.B. 2.1. Gliwice 1978.

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ УГЛЯ НА ПРОЦЕСС КГО КОКСОВАНИЯ

Р е з ю м е

В статье рассмотрен вопрос подбора оптимального диаметра зёрен угля в виду покрывания их термобитуминозными веществами во время процесса коксования.

EFFECTS OF COAL GRANULATION UPON COAKING

S u m m a r y

This paper deals with the problem of determining such optimum coal grains diameter by which during coaking process, the coal can be in the best way coated with termobituminous substances.