GOSPODARKA SUROWCAMI MINERALNYMI

Tom 12 1996 Zeszyt 1

ANNA MARZEC*

Wpływ składu chemicznego i atmosferycznego utlenienia węgla na procesy flotacyjne oraz samozagrzew węgla w zwałowiskach**

1. Własności węgla wywierające wpływ na efektywność procesów flotacji

Procesy oczyszczania węgla, prowadzące do usunięcia nieorganicznych związków siarki oraz innych substancji mineralnych, dzielą się na dwie zasadnicze grupy. Do jednej z nich należą procesy, w których wykorzystywana jest różnica pomiędzy gęstością organicznej substancji węglowej (1,2 do 1,6 gcm^{-3}) a gęstością substancji mineralnych (np. gęstość pirytu — FeS_2 : 5 gcm^{-3}; sfalerytu — ZnS : 4 gcm^{-3}). Po wprowadzeniu węgla do fazy ciekłej (stosowane są wodne roztwory chlorku lub tlenku cynku, azotanu wapnia, węglanu potasu lub czterochlorek węgla) o gęstości pośredniej, substancje mineralne opadają na dno, węgiel natomiast gromadzi się na powierzchni (stąd nazwa angielska, tej grupy procesów — *float/sink*). Do drugiej grupy należą procesy, w których rozdział organicznej substancji węglowej od minerałów jest następstwem różnicy w ich zwilżalności przez wodę; substancja organiczna jest słabo zwilżalna, w związku z czym wykazuje tendencje do unoszenia się na powierzchni wraz z pęcherzykami powietrza (doprowadzanego w tym celu do zbiornika), substancje mineralne natomiast — jako dobrze zwilżalne przez wodę i od niej cięższe — opadają na dno. Procesy tej grupy to flotacja pianowa (ang. *froth*) i aglomeracyjna (ang. *agglomeration*).

1.1. Własności węgla decydujące o efektywności wszystkich rodzajów procesów wzbogacania

1.1.1. Stopień rozproszenia substancji mineralnych

Większość minerałów występuje w węglu w postaci ziaren o rozmiarach w zakresie $1—100 \cdot 10^{-6}$ m. Piryt występuje w różnych formach: w postaci pasm o rozmiarach kilkudziesięciu na kilkaset milimetrów lub w postaci kulistych aglomeratów o średnicy

* Prof. zw., dr hab., Zakład Karbochemii PAN, Gliwice.

** Artykuł był prezentowany na IX Konferencji z cyklu „Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej". Zakopane, październik 1995 r.

1 do $70 \cdot 10^{-6}$m (Greer 1978; Mraw 1983). W obu grupach procesów efektywność rozdziału zależy od tego, czy stopień rozdrabniania węgla kierowanego do procesu oczyszczania jest zbliżony do rozmiarów większości ziaren substancji mineralnych w nim występujących. Jednak proces mielenia węgla nie może być nazbyt zaawansowany, tak z uwagi na koszty, jak i konieczność utrzymania rozmiarów ziaren na poziomie wymaganym przez technologie jego użytkowania po procesie flotacji. W związku z tym procesy wzbogacania węgli, w których substancje mineralne występują głównie w postaci skupisk o rozmiarach zaledwie kilku mikronów nie mogą być efektywne.

1.1.2. Zawartość siarki organicznej w węglu

Zawartość siarki występującej w postaci związków organicznych może sięgać kilku %wagowych (Davidson 1993; Huggins 1991). Procesy flotacyjne nie są w stanie usunąć siarki organicznej z węgla, w związku z tym nie mogą zmniejszyć zawartości siarki do poziomu niższego od zawartości siarki organicznej w danym węglu.

1.2. Własności węgla wpływające na efektywność wzbogacania w procesach flotacji pianowej i aglomeracji

1.2.1. Hydrofobowe i hydrofilowe domeny na powierzchni ziaren węgla

Efektywność wymienionych procesów zależy od proporcji hydrofobowych i hydrofilowych mikroobszarów występujących na powierzchni ziaren węgla (van Krevelen 1993, s. 503). Hydrofobowe własności wykazują węglowodorowe (alifatyczne i aromatyczne) fragmenty struktury węgla. Ich hydrofobowość jest jednak różna; struktury aromatyczne są słabiej hydrofobowe od struktur alifatycznych. Drugą grupę hydrofobowych fragmentów strukturalnych stanowią fragmenty zawierające atomy siarki (grupy SH, tioetery). Hydrofilowe mikroobszary tworzą substancje mineralne oraz fragmenty organicznej struktury, zawierające atomy tlenu i azotu. Te ostatnie nie mają tak dużego znaczenia jak fragmenty z tlenem, ponieważ zawartość organicznego azotu w węglach jest z reguły niska (1—2% wag.). Stosunek mikroobszarów hydrofobowych do hydrofilowych jest zależny od stopnia uwęglenia. Wraz z jego wzrostem do ok. 85% C^{daf} zdecydowanie zmniejsza się zawartość tlenu w węglach; prowadzi to do znacznego zmniejszenia ilości hydrofilowych mikroobszarów. Dalszy wzrost stopnia uwęglenia, zwłaszcza powyżej 90% C^{daf}, jest zdominowany przez ubytek alifatycznych fragmentów struktury; to z kolei powoduje spadek zawartości hydrofobowych mikroobszarów. W związku z tym, najkorzystniejsze własności z punktu widzenia flotowalności wykazują węgle o zawartości 85—90% C^{daf}. W takich bowiem węglach stosunek mikroobszarów hydrofobowych do hydrofilowych w jego organicznej substancji jest najwyższy w porównaniu z innymi węglami.

1.2.2. Wpływ atmosferycznego utlenienia węgli na ich własności flotacyjne

Węgiel składowany w kontakcie z powietrzem ulega utlenieniu (zagadnienie to omówiono szerzej w rozdziale 2). Prowadzi to do wzrostu zawartości fragmentów zawierających tlen (wzrost zawartości mikroobszarów hydrofilowych). Ponadto, utlenieniu ulega piryt według reakcji (Yoon 1991):

$$FeS_2 + O_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + Fe^{2+} + FeS_n \qquad n > 2$$

W wyniku tej reakcji ziarna pirytu pokryte zostają warstwą polisiarczków FeS_n (*pyrrothites*) o silnych własnościach hydrofobowych, co zdecydowanie utrudnia oddzielenie pirytu od organicznej substancji węglowej w procesach flotacji pianowej i aglomeracyjnej. W pewnym stopniu można temu przeciwdziałać poprzez alkalizację wodnego medium stosowanego do flotacji. Jony Fe^{2+} reagują z alkaliami, dzięki czemu ziarna utlenionego pirytu zostają pokryte silnie hydrofilowymi wodorotlenkami żelaza, neutralizującymi po części hydrofobowe działanie polisiarczków.

2. Własności węgla wpływające na proces samozagrzewu i samozapłonu w zwałowiskach

Powodem wzrostu temperatury w zwałowiskach węgla są reakcje utlenienia pod wpływem tlenu zawartego w powietrzu. Reakcji utlenienia ulega zarówno substancja organiczna, jak i substancje mineralne (Davidson 1990, s. 24—28). Badania dotyczące atmosferycznego utlenienia węgla stanowią przedmiot bardzo licznych publikacji i monografii podsumowujących rezultaty badań w dłuższych okresach (Berkowitz 1985, s. 143—151; Berkowitz 1994, s. 102—111 i 213—229; Davidson 1990; Nelson 1989; Schmal 1989).

Mechanizmy reakcji utlenienia i natura pośrednich produktów utlenienia stanowią nadal przedmiot kontrowersyjnych pogladów. Tak czy inaczej, dwa efekty utlenienia są istotne z punktu widzenia zagadnienia samozagrzewu i samozapłonu. Jeden z nich to wydzielające się ciepło reakcji utlenienia (Davidson 1990, s. 39: 300—400 kJ/mol O_2), drugi to emisja substancji gazowych, towarzysząca utlenieniu. Stanowią one końcowy produkt utlenienia węgla. Należą do nich: tlenek i dwutlenek węgla, węglowodory C_2-C_4, metan oraz woda. Ostatnio ujawniono, że atmosferycznemu utlenieniu węgla towarzyszy także emisja wodoru (Grossman 1995; Marzec 1996). Obecność metanu, etylenu, a zwłaszcza wodoru w fazie gazowej złoża składowanego węgla może w szczególnych warunkach prowadzić do samozapłonu fazy gazowej, który inicjuje zapłon złoża węgla (w temperaturze niższej od temperatury samozapłonu węgla).

Okres bezpiecznego składowania węgla zależy od: 1) szybkości utlenienia danego węgla oraz 2) szybkości przenoszenia przez złoże ciepła reakcji utlenienia do otoczenia. W referacie omówione zostaną te czynniki, które decydują o szybkości utlenienia (1) i związanej z tym szybkości wzrostu temperatury w złożu. Szybkość utraty ciepła (2) zależy przede wszystkim od czynników klimatycznych; w pewnym stopniu zależy ona również od wielkości i kształtu zwałowiska. Czynniki wpływające na szybkość utraty ciepła przez zwałowisko nie są omawiane w niniejszym referacie.

2.1. Fragmenty struktury organicznej węgla podatne na utlenienie

W zasadzie cała substancja organiczna węgla podatna jest na utlenienie. Jednakże, szybkość utlenienia (w temperaturach otoczenia) poszczególnych fragmentów tej struktury jest wysoce zróżnicowana. Poniżej wymieniono fragmenty strukturalne w kolejności ich malejącej reaktywności:

1) naturalnie występujące w węglu rodniki,
2) tlenowe grupy funkcyjne,
3) alifatyczne fragmenty struktury,
4) aromatyczne fragmenty struktury.

Rodniki występują we wszystkich węglach, przy czym ich ilość wzrasta wraz ze wzrostem stopnia uwęglenia (van Krevelen 1993, s. 438). W rezultacie ich bardzo wysokiej reaktywności wobec tlenu odgrywają one rolę inicjatorów reakcji utlenienia (Nelson 1989, s. 16—20).

Skład pierwiastkowy węgli jest uzależniony od proporcji, w jakich składniki strukturalne (2—4) występują w danym węglu. Jak dotąd, nie określono ilościowej zależności pomiędzy zawartością wymienionych składników w węglu a szybkością jego reakcji utlenienia w temperaturach otoczenia. Znana jest jednak generalna prawidłowość, według której szybkość utlenienia wzrasta wraz ze wzrostem stosunku O/C i H/C w składzie pierwiastkowym węgli (Schmal 1989, s. 136). Tak więc, im węgiel młodszy, tzn. im wyższe wartości stosunków O/C i H/C charakteryzują jego skład, tym wyższa jest szybkość jego utlenienia, czyli szybkość wzrostu temperatury w zwałowisku.

2.2. Utlenienie pirytu

Piryt reaguje z tlenem w obecności wilgoci według reakcji podanej w rozdziale 1.2.2. Ciepło wydzielane w tej reakcji nie ma istotnego znaczenia, zawartość pirytu bowiem nie przekracza kilku czy kilkunastu % wagowych węgla. Istotne znaczenie ma natomiast wydzielany w czasie reakcji kwas siarkowy, który odgrywa rolę katalizatora reakcji utlenienia substancji organicznej węgla. Z tego punktu widzenia obecność pirytu w składowanym węglu jest niekorzystna, ponieważ podwyższa szybkość reakcji utlenienia.

2.3. Udział wody w reakcji utlenienia

W reakcji utlenienia bierze udział woda, jakkolwiek mechanizmy reakcji, w których ona uczestniczy nie są w pełni jasne (Davidson 1990, s.28). Niewątpliwie dotyczy to powstawania hydronadtlenków (Davidson 1990, s. 28), inicjatorów reakcji utlenienia. Uczestniczy także w utlenieniu pirytu. Eliminacja wilgoci ze zwałowisk otwartych jest jednak niemożliwa, w związku z czym zagadnienie to nie ma praktycznego znaczenia. Wspomnieć tu należy o dwu pozytywnych aspektach obecności wody w złożu.

Jeden z nich polega na tym, że woda ma wysokie ciepło parowania, w związku z czym może pochłaniać znaczne ilości ciepła ze złoża, o ile mała wilgotność powietrza pozwala na jej intensywne odparowywanie. Drugi korzystny aspekt objawia się wówczas, gdy zawartość wody w złożu jest tak znaczna, iż hamuje ona dyfuzję tlenu z powietrza do ziaren węgla. Wykorzystywane jest to przy gaszeniu wodą płonących zwałowisk lub przy zapobieganiu dalszemu wzrostowi temperatury w zwałowiskach.

2.4. Tlen; własności węgla decydujące o szybkości dyfuzji tlenu do reaktywnych fragmentów węgla

Szybkość dyfuzji tlenu jest tym większa, im bardziej rozwinięta jest powierzchnia zewnętrzna ziaren węgla i im większa porowatość węgla. Wpływ powierzchni ziaren jest

znaczny, szybkość utlenienia bowiem jest proporcjonalna do odwrotności ich średnicy (Schmal 1989). Porowatość węgla (mierzona jako całkowita objętość porów w cm^3, przypadająca na 1g węgla) jest zależna od stopnia uwęglenia. Największą porowatość wykazują węgle młode (o stopniu uwęglenia ok. 81—83% C^{daf}), która następnie maleje i osiąga minimum dla węgli o zawartości pierwiastka węgla 87—89% C^{daf}, poczym wzrasta dla węgli wyżej uwęglonych (van Krevelen 1993, s. 197).

2.5. Początkowa temperatura węgla (T_0) w czasie tworzenia zwałowiska

Temperatura T_0 odgrywa bardzo istotną rolę. Wynika to z faktu, iż szybkość reakcji utlenienia (podobnie jak wszystkich reakcji chemicznych) zależy od temperatury reagującego układu. Obowiązuje tu ogólna prawidłowość: wzrost temperatury o 10° podwaja szybkość reakcji. Z tego powodu bardzo istotne jest to, czy zwałowisko tworzone jest np. z węgla o temperaturze 25° czy też 15^oC. W pierwszym przypadku początkowa szybkość reakcji utlenienia będzie dwukrotnie wyższa w porównaniu z szybkością w temperaturze 15^oC.

2.6. Czas kontaktu węgla z atmosferą przed utworzeniem zwałowiska

Szybkość reakcji chemicznych, w tym także reakcji utlenienia, jest najwyższa w okresie początkowym i maleje wraz z upływem czasu w miarę spadku stężenia reagentów. W przypadku utlenienia węgla będzie to spadek stężenia najbardziej reaktywnych fragmentów jego struktury. Ponadto, z upływem czasu spada także stężenie tlenu w fazie gazowej w głębszych warstwach zwałowiska na skutek jego zużycia w reakcji utlenienia. Zatem, z punktu widzenia ochrony zwałowisk przed samozapłonem, należałoby unikać formowania zwałowisk z węgla bezpośrednio wydobytego z kopalni z uwagi na jego wysoką szybkość utlenienia.

3. Wpływ atmosferycznego utlenienia węgli na ich własności użytkowe

3.1. Spadek efektywności wzbogacania węgla w procesach aglomeracji i flotacji pianowej węgla

Spadek jest spowodowany wzrostem zawartości hydrofilowych substancji w organicznej materii węgla oraz wzrostem hydrofobowego charakteru utlenionego pirytu. Wynika z tego wniosek, że do flotacji należy kierować węgiel bezpośrednio po jego wydobyciu, a nie pochodzący ze zwałowisk. Literatura (Davidson 1990, s. 56—60) dostarcza przykładów na słuszność tego poglądu; np. w jednym z zakładów wzbogacania węgla w USA stwierdzono, że w ogóle niemożliwe jest stosowanie flotacji pianowej dla węgla pochodzącego ze zwałowisk. W innym zaobserwowano spadek efektywności wzbogacania z 75 do 50%. Stwierdzono także trudności w oddzielaniu wody z transportowanej rurociągami wodnej zawiesiny węgla uprzednio atmosferycznie utlenionego.

3.2. Spadek kaloryczności (wartości opałowej węgla)

Kaloryczność węgla jest funkcją składu pierwiastkowego jego organicznej substancji. Ponadto zależy w sposób oczywisty od zawartości wilgoci i substancji mineralnych. Znane są równania, które określają zależność wartości kalorycznej węgla od jego składu elementarnego (Given 1986; van Krevelen s. 528). Opracowane przez Givena (i sprawdzone na 1000 prób węgli) równanie przedstawia się następująco:

$$J/g = 328{,}4\ C + 1422\ H - 138\ O + 92{,}7\ S + 636$$

Ponieważ atmosferyczne utlenienie węgla prowadzi nie tylko do wzrostu zawartości tlenu, ale także, do spadku zawartości wodoru (Berkowitz 1994, s. 108; Nelson s. 70), spadek kaloryczności może być znaczny. Przykładowo dla węgli kamiennych (o stopniu uwęglenia od 83 do 91% C^{daf}), wzrost zawartości tlenu o 3% wag. i spadek zawartości wodoru o 0,5% wag. prowadzi do spadku kaloryczności o ok. 5,3—5,8%. Wzrost zawartości tlenu o 5% wag. powoduje spadek kaloryczności o 7,8—8,3%.

W praktyce trudno jednak przewidywać, z jakim spadkiem kaloryczności należy się liczyć, ponieważ na stopień utlenienia węgla w zwałowisku wpływają czynniki klimatyczne (temperatura otoczenia oraz intensywność wiatrów, opadów i nasłonecznienia), niemożliwe do przewidzenia.

Zmiany kaloryczności w zwałowiskach węgli młodych, zawierających z reguły znaczną ilość grup karboksylowych (węgle brunatne), mogą mieć odmienny charakter (Davidson 1990, s. 55). Ich kaloryczność może w początkowym okresie wzrastać na skutek ostatecznego utlenienia grup karboksylowych (do tlenków węgla i wody) pod wpływem czynników atmosferycznych, co prowadzi do spadku zawartości tlenu w składzie pierwiastkowym takiego węgla.

3.3. Spadek efektywności w procesach spalania

Zagadnienie to jest stosunkowo mało poznane. Zaobserwowano spadek reaktywności węgli utlenionych oraz związany z tym spadek szybkości ich spalania i wzrost zawartości niedopalonego węgla w popiołach (Davidson 1990, s. 56).

3.4. Zmiana własności koksowniczych węgli

Negatywny wpływ atmosferycznego utlenienia na własności koksownicze węgli jest od dawna znany. Nowsza literatura dostarcza przykładów ujmujących to zjawisko w kategoriach ilościowych (Davidson 1990, s. 61—64). Stwierdzono na przykład, że dodatek do mieszanki koksowniczej zaledwie 7% wag. węgla utlenionego atmosferycznie spowodował dwukrotny wzrost reaktywności (względem CO_2) wyprodukowanego koksu i wynikający z tego znaczny wzrost zużycia tego koksu w procesie wytopu żelaza. Oprócz wzrostu reaktywności zaobserwowano także spadek mechanicznej wytrzymałości koksu. Dodatek węgla utlenionego prowadzi ponadto do spadku szybkości koksowania w piecach koksowniczych, co powoduje wzrost kosztów samego procesu koksowania. Oprócz wymienionego tu już negatywnego wpływu na szybkość koksowania, własności mechaniczne i reaktywność koksu, stwierdzano także wpływ utlenienia na wzrost ciśnienia i wzrost objętościowej rozszerzalności węgla

w czasie koksowania (prowadzi to do uszkodzenia ścian komór koksowniczych). Od tej reguły bywają jednak wyjątki (Alvarez 1995). Mieszanina wsadowa do koksowania składająca się z kilkunastu węgli, przechowywana w zwałowisku przez 300 dni (na terenie północnej Hiszpanii), nie wykazała żadnych ujemnych zmian własności w procesie koksowania. Okazało się, że własności koksownicze poszczególnych składników (węgli) tej mieszaniny zmieniały się pod wpływem atmosferycznego utlenienia w sposób przeciwstawny.

4. Wnioski

W związku z zależnością stopnia atmosferycznego utlenienia węgli od czynników klimatycznych, nie ma możliwości zdefiniowania ilościowej zależności pomiędzy własnościami węgla a okresem jego bezpiecznego przechowywania w zwałowiskach. Można natomiast określić zalecenia wynikające ze znajomości chemii węgla i reakcji jego utlenienia, których realizacja przyczyni się do zmniejszenia ilości zjawisk samozagrzewu oraz samozapłonu zwałowisk. Wspomnieć tu również trzeba o wiążącym się z atmosferycznym utlenieniem węgla zagadnieniu przechowywania i transportu takich węgli w zamkniętych zbiornikach.

1. Okres bezpiecznego przechowywania węgli w warunkach atmosferycznych jest tym krótszy, im wyższy jest stosunek O/C i H/C charakteryzujący ich skład pierwiastkowy i im wyższa zawartość pirytu; z tego względu wskazane jest przechowywanie węgla po procesach jego wzbogacania. Procesy flotacji powinny poprzedzać gromadzenie węgla w zwałowiskach także i z tego powodu, że efektywność procesu flotacji maleje wraz ze wzrostem stopnia atmosferycznego utlenienia węgla.

2. W przypadku gdy węgiel zawiera małą ilość substancji mineralnych i nie wymaga flotacji należy unikać formowania zwałowiska z węgla bezpośrednio wydobytego; pierwszy okres kontaktu węgla z tlenem charakteryzuje najszybszy wzrost temperatury. Wskazane jest zatem gromadzenie takiego węgla w zwałowiskach prowizorycznych, a następnie przemieszczenie go na zwałowiska właściwe.

3. Potrzebne są zabiegi zmierzające do obniżenia temperatury węgla w czasie formowania zwałowiska. Można to osiągnąć przez formowanie warstwowe rozciągnięte w czasie (najlepiej z przerwami nocnymi). Według Schmala, czas potrzebny do wychłodzenia węgla o 20°C wynosi:

3 godz. dla warstwy o grubości 0,1 m,

30 godz. dla warstwy o grubości 0,3 m,

300 godz. dla warstwy o grubości 1,0 m.

Długi czas potrzebny do obniżenia temperatury wynika z niskiego przewodnictwa termicznego węgla (0,5 do 1 W/mK) oraz jego wysokiej pojemności cieplnej (1000 J/K).

4. Niezwykle ważne jest stosowanie zabiegów zmniejszających dostęp tlenu do wnętrza zwałowiska. Tu przede wszystkim należy wymienić ubijanie zwałowiska. Według danych Schmala, dotyczących doświadczalnych zwałowisk na terenie Holandii, zwałowisko nie ubite osiągnęło temperaturę samozapłonu (350 K) w ciągu kilku miesięcy. W zwałowisku tego samego węgla o gęstości (zwałowiska) dwukrotnie mniejszej wzrost temperatury wyniósł zaledwie 10 K/rok.

Koszty ubijania są jednak znaczne. Zdaniem Schmala są one opłacalne wówczas, gdy zachodzi konieczność przechowywania węgla w zwałowisku przez rok lub dłużej.

5. Stosowanie inhibitorów utlenienia (aminy, hydrochinon), z uwagi na duże koszty i małą skuteczność, nie zyskało pozytywnej opinii (Berkowitz 1994, s. 222). Ponadto inhibitory ulegają wypłukiwaniu przez deszcz, co prowadzi do szkód ekologicznych.

6. Przechowywanie i transport węgla atmosferycznie utlenionego w zbiornikach czy kontenerach zamkniętych związane jest z ryzykiem eksplozji. W węglu utlenionym zachodzą bowiem reakcje rozkładu pierwotnych produktów utlenienia, w których powstają m.in. wodór, metan i etylen. Te lekkie gazy gromadzą się w górnych strefach zamkniętej przestrzeni, w następstwie czego może tam dojść do wzrostu ich stężenia do poziomu powodującego eksplozję w przypadku nieszczelności zbiornika lub w czasie rozładowywania węgla. Z tego powodu transport lub przechowywanie węgla w zamkniętych zbiornikach winien dotyczyć wyłącznie węgla bezpośrednio wydobytego z kopalni, a nie pochodzącego ze zwałowisk. W przypadku konieczności transportu węgla utlenionego w zbiornikach zamkniętych, niezbędne jest zastosowanie urządzeń monitorujących stężenie wybuchowych gazów oraz umożliwiających przepłukiwanie zbiorników gazem obojętnym.

LITERATURA

Alvarez R. i in., 1995 — *Influence of Natural Weathering of Coking Coals of Similar Rank on Coke Quality.* Proc. 8th Intern. Conference on Coal Science. T. I, s. 1081—84, Elsevier.

Berkowitz N., 1985 — *The chemistry of Coal.* Elsevier.

Berkowitz N., 1994 — *An Introduction to Coal Technology.* 2nd ed. Academic Press.

Davidson R. M., 1990 — *Natural Oxidation of Coal.* London, IEA Coal Research.

Davidson R. M., 1993 — *Organic Sulfur in Coal.* London, IEA Coal Research.

Given P. H. i in., 1986 — Fuel, vol. 65, s. 849.

Greer R. T., 1978 — *Evaluation of Pyrite Particle Size, Shape and Distribution Factors.* Energy Sources, vol. 4, no 1, 23—51.

Grossman S. L. i in., 1995 — *Molecular Hydrogen Emission due to Bituminous Coal Weathering.* Proc. 8th Intern. Conference on Coal Science; vol. 1, s. 469—476, Elsevier.

Huggins F. E. i in., 1991 — *The Quantitative Determination of All Major Inorganic and Organic Sulfur Forms in Coal.* Praca zb., red. Dugan P. R. i in. *Processing and Utilization of High-Sulfur Coals IV.* Elsevier, s. 13—42.

van Krevelen D. W., 1993 — *Coal: Typology—Physics—Chemistry—Constitution*, Elsevier.

Marzec A., 1996 — *Emisja wodoru towarzysząca niskotemperaturowemu utlenieniu węgla — nieznana dotąd przyczyna eksplozji?.* Karbo, Energochemia, Ekologia (w druku).

Mraw S. C. i in., 1983 — *The Science of Mineral Matter in Coal.* Praca zb., red. Gorbaty M. L. i in. pt., „Coal Science", vol. 2, Elsevier.

Nelson Ch. R. red., 1989 — *Chemistry of Coal Weathering,* Elsevier.

Schmal D., 1989 — *Spontaneous Heating of Stored Coal.* Praca zb., red. Nelson Ch.R. *Chemistry of Coal Weathering.* Elsevier.

Yoon R. H. i in., 1991 — *On the Hydrophobicity of Coal Pyrite.* Praca zb., red. Dugan P. R. i in.: *Processing and Utilization of High-Sulfur Coals IV.* Elsevier.

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW DOTYCZĄCE PRZYGOTOWANIA TEKSTU NA DYSKIETCE

Dyskietkę z wpisanym tekstem należy nadesłać wraz z jednym kompletnym wydrukiem przygotowanej pracy na papierze formatu A4. Ilość wierszy i znaków w jednym wierszu jest dowolna. Należy tylko zachować jednowierszowe odstępy między poszczególnymi akapitami.

Tekst powinien być zapisany w jednym z następujących formatów:

ASCII 8 — prosimy o podanie standardu polskich liter (np. Centralno-europejskie, Latin 2, Mazowia),

CHIWRITER (wersja 2,0 i następne), TAG (wersja 2,0 i następne),

WORDPERFECT (wersja 5,0 i 5,1) — z podaniem standardu kodowania polskich liter.

Na marginesie nadesłanego wydruku prosimy zaznaczyć miejsca wstawienia rysunków i tabel.

Tytuły i podtytuły należy oddzielić od tekstu światłem górnym i dolnym oraz określić stopień tytułu (I rzędu, II, III... . Rozdział zasadniczy — I rz., podrozdział — II rz., tytuł podrzędny — III rz. itd.) na wydruku.

Tabele należy umieścić w osobnym pliku. Na wydruku każda tabela powinna być opisana, tzn.: nazwisko autora, tytuł artykułu (w przypadku prac zbiorowych), tytuł tabeli i numer.

Wszelkie symbole we wzorach i powołaniach na nie w tekście prosimy pisać pismem prostym. Ważne jest, by 0 (zero) wpisane było przez klawisz cyfrowy, w celu odróżnienia go od litery O (o).

Rysunki prosimy dostarczać: — na papierze lub kalce (w przypadku prac zbiorowych każdy rysunek musi być opisany: nazwisko autora, tytuł artykułu i tytuł rysunku), lub — na dyskietce w jednym z podanych niżej formatów:

a) *.TIF — format zapisu mapy bitowej wykorzystywany przez większość programów obsługujących scanery,

b) *.IMG — pliki tworzone przez programy pracujące w środowisku GEM,

c) *.PLT — rysunki eksportowane z programów typu CAD,

d) *.CGM — format zapisu grafiki wykorzystywany m.in. przez takie programy, jak: HARVARD PACKARD GRAPHICS, APPLAUSE.

Literatura powinna być umieszczona na końcu pracy z oznaczeniem „LITERATURA".

W trakcie wpisywania tekstu prosimy o przestrzeganie następujących zasad:

— nie należy kończyć poszczególnych wierszy klawiszem ENTER,

— nie stosować zacięć akapitowych za pomocą tabulatora czy spacji,

— poszczególne akapity należy rozdzielać wstawiając jedną pustą linię,

— nie dzielić ręcznie wyrazów,

— nie justować poszczególnych lini akapitu za pomocą klawisza spacji,

— nie rozspacjowywać wyrazów (np. t y t u ł),

— nie podkreślać wyrazów, zdań (np. podkreślony).

WSKAZÓWKI EDYTORSKIE

1. Przy **podziale tekstu** na rozdziały i podrozdziały kilku stopni należy stosować numerację cyfrową wielorzędową:

rozdziały — 1, 2, ...

podrozdziały pierwszego stopnia — 1.1, 1.2, ..., 2.1, 2.2, ...

podrozdziały drugiego stopnia — 1.1.1, 1.1.2, ..., 1.2.1, 1.2.2, ...

podrozdziały trzeciego stopnia i ew. inne tytuliki pozostawia się zazwyczaj nie numerowane.

2. Przy numeracji liczbowej wielorzędowej tekstu ilustracje zaleca się numerować w obrębie rozdziałów, nadając im podwójną numerację, np. rys. 4.6 (szósty rysunek w czwartym rozdziale). Jeżeli ilustracji jest niewiele, numeruje się je kolejno w całej pracy. W przypadku cudzych ilustracji należy podać źródło, z którego je zaczerpnięto.

3. Według tej samej zasady numeruje się tabele. Numer i tytuł tabeli umieszczamy nad tabelą.

4. **Wzory matematyczne** numeruje się podobnie, podając numer ujęty w nawiasy okrągłe przy prawym marginesie (jeśli jest ich mało, nie wymagają numeracji). Wskaźniki i wykładniki powinny być napisane wyraźnie i czytelnie. Powinny mieć jednakową wielkość i być prawidłowo obniżone lub podwyższone w stosunku do linii