

Zmodyfikowana metoda bezpiecznego składowania węgla kamiennych o podwyższonej skłonności do samozapalenia

Modified method of safe storage of hard coals with increased self-ignition tendency's

LEOKADIA RÓG

DOI 10.36119/15.2019.12.3

Konieczność składowania węgla na zwalach wynika między innymi z obowiązku utrzymywania przez zakłady energetyczne, zapasów węgla kamiennego niezbędnych do utrzymania ciągłości w procesie produkcji energii elektrycznej i ciepła.

Zasady składowania węgla kamiennego reguluje norma PN-G-07010:1994 „Węgiel kamienny i brykiety z węgla kamiennego. Składowanie”. Opisane w niej wytyczne wyraźnie różnicują sposób postępowania z węglami o małej skłonności do samozapalenia od postępowania z węglami o dużej skłonności do samozapalenia.

Skłonność polskich węgla energetycznych do samozapalenia jest zróżnicowana. W celu określenia tego zróżnicowania przeprowadzono badania dla 70 próbek pobranych z miatów węglowych, sklasyfikowanych według polskiej klasyfikacji, zgodnie z normą PN-82/G-97002 [8], do typów od 31.1 do 34.2.

Badania wykazały dobrą korelację między energią aktywacji, charakteryzującą skłonność węgla do samozapalenia a stopniem uwęglenia substancji organicznej węgla, wyrażoną wskaźnikiem refleksyjności wityrynytu (R_o).

W miarę wzrostu wartości wskaźnika refleksyjności wityrynytu maleje skłonność węgla do samozapalenia.

Na podstawie tej zależności podzielono węgle na węgle o małej ($R_o > 0,80\%$), średniej (R_o od 0,70 do 0,80 %) i dużej ($R_o < 0,70\%$) skłonności do samozapalenia.

Węgłe o dużej i bardzo dużej skłonności do samozapalenia (IV i V grupa samozapalności) wymagają zastosowania specjalnych metod, zarówno podczas sypania węgla na zwalę, jak i kontroli magazynowanego węgla. Wymagania normy PN-G-07010:1994, dotyczącej metod składowania węgla kamiennego, są niewystarczające. Węgłe IV i V grupy samozapalności muszą być sypane na zwalę tzw. metodą „deep compaction” z głębokim zagęszczaniem. Warstwy węgla, poddawane zagęszczaniu, nie mogą przekraczać 60 cm. Do wysokości zwalę 2m każda warstwa węgla oraz zbocze z każdej strony tej warstwy musi być zagęszczane przy użyciu walca wibracyjnego o nacisku 0,6 MPa.

Słowa kluczowe: węgiel kamienny, składowanie, samozapalność, metoda zagęszczania

The necessity to store coal in coal dumps results, among others, from the obligation for power plants to maintain hard coal reserves necessary to maintain continuity in the process of electricity and heat production.

The principles of hard coal storage are regulated by PN-G-07010:1994 „Hard coal and hard coal briquettes. Storage” standard. The guidelines described in it, clearly differentiate the way of handling coals with low self-ignition tendency from the handling of coals with high self-ignition tendency.

The propensity of Polish energetic coals to self-ignition is varied. In order to determine this diversity, tests were conducted for 70 samples taken from coal fines, classified according to the Polish classification, in accordance with the standard PN-82/G-97002 [8], for types from 31.1 to 34.2.

Studies have shown a good correlation between activation energy, which characterizes the tendency of coal to self-ignite and the degree of carbonization of organic carbon, expressed by vitrinite reflectance (R_o). As the vitrinite reflectance index increases, the coal's self-ignition tendency decreases.

Based on this relationship, the coals were divided into low ($R_o > 0,80\%$), medium (R_o from 0,70 to 0,80 %) and high ($R_o < 0,70\%$) self-ignition coals.

Coals with a high and very high propensity to self-ignition (IV and V group of self-ignition) require the use of special methods, both when pouring coal into dumps and controlling stored coal. The requirements of PN-G-07010:1994 standard, concerning methods of hard coal storage, are insufficient. Coals IV and V self-ignition groups must be poured onto dumps of so-called: „deep compaction” method. Coal layers subjected to compaction may not exceed 60 cm. Up to a height of 2 m, each layer of coal and the slope on each side of this layer must be compacted using a vibrating roller with a pressure of 0.6 MPa.

Keywords: hard coal, storage, self-ignition, compaction method

Wstęp

Węgiel kamienny ma cały czas swoją wysoką pozycję jako paliwo w polskiej energetyce. Wymusza to konieczność utrzymywania zapasów węgla kamiennego niezbędnych do zachowania ciągłości w procesie produkcji energii elektrycznej i ciepła. Aktem prawnym dającym podstawę do prowadzenia gospodarki paliwowej w przedsiębiorstwach energetycznych jest ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 roku „Prawo energetyczne” [1]. Określa ona zasady kształtowania polityki energetycznej państwa oraz zasady zaopatrzenia i użytkowania paliw w przedsiębiorstwach energetycznych.

Aktem wykonawczym w tym obszarze jest rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 lutego 2003 r. w sprawie zapasów paliw w przedsiębiorstwach energetycznych [2] oraz zmieniające je rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 maja 2010 r. [3]. Rozporządzenie to określa: wielkość zapasów węgla, jaką jest zobowiązane utrzymywać przedsiębiorstwo energetyczne, wytwarzające energię elektryczną lub ciepło, sposób gromadzenia tych zapasów oraz szczegółowy tryb przeprowadzania kontroli stanu zapasów paliwa.

Wielkość zapasów, które przedsiębiorstwo energetyczne jest zobowiązane utrzymywać zależy od dobowego zużycia węgla, odległości dostawcy węgla od przedsiębiorstwa energetycznego oraz usytuowania składowiska, na którym przedsiębiorstwo gromadzi zapasy paliwa.

Zasady składowania węgla kamiennego reguluje norma PN-G-07010:1994 [4]. Opisane w niej wytyczne wyraźnie różnicują sposób postępowania z węglami o małej skłonności do samozapalenia od postępowania z węglami o dużej skłonności do samozapalenia. Skłonność węgla do samozapalenia ocenia się na podstawie wskaźnika samozapalności, wyznaczanego na podstawie normy PN-G-04558:1993 [5].

Węgle o dużej i bardzo dużej skłonności do samozapalenia wymagają zastosowania specjalnych metod, zarówno podczas sypania węgla na zwalę, jak i kontroli magazynowanego węgla pod kątem zagrożenia pożarem. Obecnie postępowanie z węglami mocno narażonymi na samozapłon jest bardzo istotne, gdyż coraz częściej pojawiają się tego typu węgle na rynku polskim. Pochodzą one zarówno z polskich kopalń jak i z dostaw węgla energetycznego przywożonych drogą morską, który bardzo często wykazuje V grupę samozapalności.

Celem niniejszego artykułu jest charakterystyka polskich węgla energetycznych pod względem skłonności do samozapłonu oraz przedstawienie metod składowania węgla energetycznych ze szczególnym naciskiem na węgle o dużej skłonności do samozapalenia.

Metody oceny skłonności węgla kamiennych do samozapalenia

Głównym parametrem pozwalającym ocenić skłonność węgla do samozapalenia jest wskaźnik samozapalności określany na podstawie normy PN-G-04558:1993 [5]. Metoda polega na ciągłym pomiarze temperatury pastylki przygotowanej z rozdrobnionego węgla, wprowadzonej do strumienia powietrza o temperaturze 237 i 190°C, oraz na wyznaczeniu prędkości wzrostu temperatury tej pastylki w punktach adiabatycznych. Podczas wyznaczania określa się wskaźnik samozapalności (Sz^a) w °C/minutę, energię aktywacji (A) w kJ/mol oraz grupę samozapalności. Wskaźnik samozapalności węgla jest to prędkość wzrostu temperatury węgla przy jego utlenianiu powietrzem w warunkach umownych, wyznaczonych poprzez temperaturę i natężenie przepływu powietrza w komo-

rze reakcyjnej (adiabatycznej). Energia aktywacji jest to najmniejsza energia, jaką musi mieć zespół cząsteczek, aby mogła przebiec reakcja utleniania. Grupa samozapalności pozwala ocenić skłonność węgla do samozapalenia i sklasyfikować węgiel do węgla od bardzo małej do bardzo dużej skłonności do samozapalenia (tablica 1).

Drugim parametrem pozwalającym ocenić skłonność węgla do samozapalenia jest czas bezpiecznego składowania. Czasem bezpiecznego składowania nazywamy czas przechowywania węgla w luźno usypanym zwale bez ryzyka samozapłonu. Oblicza się go, zgodnie z normą PN-G-07010:1994 [4], według wzoru 1.

$$\tau_b = \tau \cdot k_f \quad (1)$$

w którym:

- τ_b – czas bezpiecznego składowania, doba;
- τ – czas bezpiecznego składowania węgla w luźno usypanych zwalach, dla umownej temperatury początkowej węgla 10°C (według tablicy 2);
- k_f – wartość mnożnika korekcyjnego, uwzględniającego wpływ temperatury początkowej t_p na czas

Tablica 1. Podział węgla według skłonności do samozapalenia według PN-G-04558:1993
Table 1. Division of coals according to the tendency to self-ignition according to PN-G-04558:1993

Wskaźnik samozapalności Sz^a °C/min	Energia aktywacji A kJ/mol	Grupa samozapalności	Ocena skłonności do samozapalenia
do 80	> 67	I	bardzo mała skłonność
	od 46 do 67	II	mała skłonność
	< 46	III	średnia skłonność
powyżej 80 do 100	> 42	IV	duża skłonność
	42 lub < 42		
powyżej 100 do 120	> 34	V	bardzo duża skłonność
	34 lub < 34		
powyżej 120	nie normalizuje się		

Tablica 2. Czas bezpiecznego składowania węgla w luźno usypanych zwalach dla umownej temperatury początkowej węgla 10°C
Table 2. The time of safe storage of coal in loosely piled dumps for a conventional initial temperature of coal of 10°C

Table 2. The time of safe storage of coal in loosely piled dumps for a conventional initial temperature of coal of 10°C

Grupa samozapalności węgla według PN-G-04558:1993	Sortymenty węgla			
	Ks, Ko I, Ko II, Ko	O, O I, O II, Gk I	Gk, Gk II	Dr, Ns, M I, M II, M III
	Czas bezpiecznego składowania węgla, doba			
I	727	446	315	138
II	455	278	197	86
III	284	174	123	54
IV	178	109	77	34
V	111	68	48	21

Tablica 3. Wartość mnożnika korelacyjnego uwzględniającego wpływ temperatury początkowej (t_p) na czas bezpiecznego składowania
Table 3. Value of the correlation multiplier taking into account the impact of the initial temperature (t_p) on the time of safe storage

t_p , °C	≤ -10	-5	0	5	10	15	20	25	30	≥ 35
k_f	1,44	1,32	1,22	1,11	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,51

bezpiecznego składowania (według tablicy 3).

Jak wynika z tablicy 2 najkrótszym czasem bezpiecznego składowania charakteryzują się węgle o drobnym uziarnieniu czyli miaty. Wpływa na ten czas również temperatura powietrza w momencie sypania węgla na zwal. Czym wyższa temperatura powietrza, zamykanego w zwale, w przestrzeniach między ziarnami, tym krótszy czas bezpiecznego składowania, co wynika z wartości współczynnika k_p .

Po złożeniu węgla na placu, w środku zwalu następują reakcje utleniania, które są reakcjami egzotermicznymi. Nie odprowadzone ciepło, wydzielające się podczas tych reakcji, powoduje lokalny wzrost temperatury. Przy stałym dostępie świeżego powietrza do tych miejsc, co występuje w zwalach niezagęszczanych, po przekroczeniu temperatury krytycznej (ok. 65°C), następuje nagły jej wzrost, aż do chwili samozapłonu (rysunek 1). Jeśli dostęp świeżego powietrza do wnętrza zwalu jest odcięty (np. poprzez dobre zagęszczenie węgla), po początkowym zagrzaniu się węgla następuje samoistne zatrzymanie wzrostu temperatury a następnie jej obni-

temperatura), przewodnictwo cieplne węgla, skład petrograficzny substancji organicznej węgla i skład substancji mineralnej. Najważniejszym wskaźnikiem określającym skłonność do samozapłonu jest utlenialność węgla, która zmienia się wraz ze wzrostem stopnia uwęglenia [7].

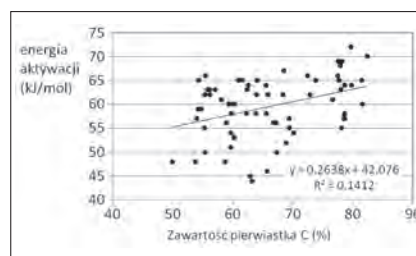
Skłonność polskich węgli energetycznych do samozapłonu jest zróżnicowana. W celu określenia tego zróżnicowania przeprowadzono badania 70 próbek pobranych z miatów węglowych, sklasyfikowanych według polskiej klasyfikacji, zgodnie z normą PN-82/G-97002 [8], do typów od 31.1 do 34.2. Badania obejmowały wyznaczenie parametrów podstawowych węgla: zawartości wilgoci i popiołu według normy PN-G-04560: 1998 [9], zawartości siarki całkowitej według PN-G-04584:2001 [10], zawartości pierwiastka C według PN-G-04571 [11], wskaźnika refleksyjności wityrynu według normy PN-ISO 7404-5:2002 [12], wskaźnika samozapalności według PN-G-04558: 1993 [13] oraz typu węgla [8].

Skłonność polskich węgli kamiennych do samozapalenia zmienia się w zależności od typu węgla. W tablicy 4 przypisano

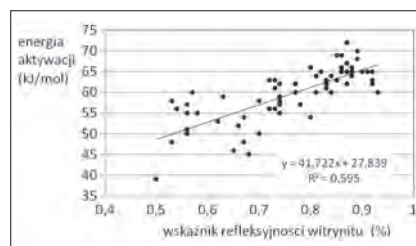
grupy samozapalności (zdefiniowane w tablicy 1) do poszczególnych typów węgla. Wynika z niej, że typy węgla 34.1 i 34.2 są najmniej skłonne do samozapalenia natomiast typy węgla 31.1, 31.2 i 32.1 wykazują bardzo dużą skłonność.

W badaniach pobranych próbek węgla, stopień uwęglenia określono na podstawie zawartości pierwiastka C oraz wskaźnika refleksyjności wityrynu (rys. 2 i 3).

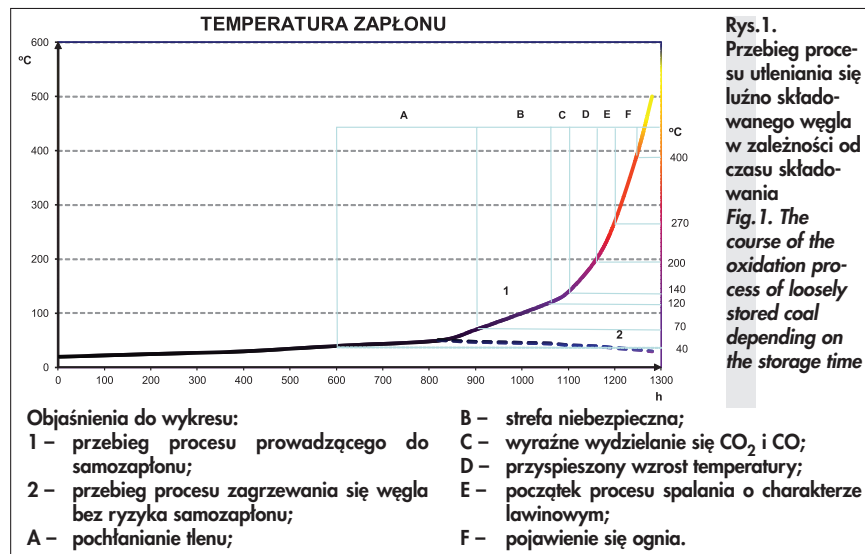
Badania wykazały, że w miarę wzrostu zawartości pierwiastka C w węglu rośnie energia aktywacji, co wiąże się ze spadkiem skłonności węgla do samozapalenia. Lepszą korelację uzyskano dla wskaźnika refleksyjności wityrynu (rys. 3), który jest najdokładniejszym i bezwzględnym miernikiem stopnia uwęglenia substancji organicznej węgla. W miarę wzrostu wartości wskaźnika refleksyjności wityry-



Rys. 2 Zależność między energią aktywacji a zawartością pierwiastka C w węglu
Fig. 2 Relationship between activation energy and the content of element C in carbon



Rys. 3 Zależność między energią aktywacji a refleksyjnością wityrynu
Fig. 3 Relationship between activation energy and reflectivity of vitrinite



Rys. 1. Przebieg procesu utleniania się luźno składowanego węgla w zależności od czasu składowania
Fig. 1. The course of the oxidation process of loosely stored coal depending on the storage time

Objaśnienia do wykresu:

- 1 – przebieg procesu prowadzącego do samozapłonu;
- 2 – przebieg procesu zagrzewania się węgla bez ryzyka samozapłonu;
- A – pochłanianie tlenu;

- B – strefa niebezpieczna;
- C – wyraźne wydzielanie się CO₂ i CO;
- D – przyspieszony wzrost temperatury;
- E – początek procesu spalania o charakterze lawinowym;
- F – pojawienie się ognia.

zanie się, co obrazuje przerywana linia na wykresie na rysunku 1

Charakterystyka energetycznych węgli kamiennych pod kątem skłonności do samozapalenia

Temperatura zapłonu jest jednym ze wskaźników określających samozapalność węgla. Nie jest to jedyny parametr decydujący o samorzutnym jego zapaleniu się. Zjawisko samozapłonu jest bardzo skomplikowane, zależne od wielu innych wskaźników, takich jak: skład ziarnowy węgla, wpływy atmosferyczne (wilgotność,

temperatura), przewodnictwo cieplne węgla, skład petrograficzny substancji organicznej węgla i skład substancji mineralnej.

Tablica 4. Zróżnicowanie skłonności energetycznych węgli kamiennych do samozapalenia w zależności od typu węgla
Table 4. Differentiation of energy propensity of hard coal's to self-ignite depending on the type of coal

Typ węgla	Grupa samozapalności według PN-G-07010:1994
31.1	V
31.2	IV, V
32.1	III, IV, V
32.2	II, III
33	II, III
34.1	I, II
34.2	I, II

nie ma wpływu na wzrost temperatury węgla, co obrazuje przerywana linia na wykresie na rysunku 1

nie ma wpływu na wzrost temperatury węgla, co obrazuje przerywana linia na wykresie na rysunku 1

nie ma wpływu na wzrost temperatury węgla, co obrazuje przerywana linia na wykresie na rysunku 1

Tablica 5. Klasyfikacja energetycznych węgla kamiennych ze względu na skłonność do samozapłonu na podstawie stopnia uwęglenia wyrażonej refleksyjnością wityrynytu
Table 5. Classification of energetic hard coals based on the tendency to self-ignite based on the degree of carbonization expressed by vitrinite reflection

Kategoria	Wskaźnik refleksyjności wityrynytu (%)	Grupa samozapalności według PN-G-07010:1994
Węgiel o małej skłonności do samozapalenia	> 0,80	I i II
Węgiel o średniej skłonności do samozapalenia	0,60 – 0,80	II i III
Węgiel o dużej skłonności do samozapalenia	< 0,60	IV i V

Ogólne zasady składowania węgla według normy PN-G-07010:1994 [4]

Składem węgla nazywa się specjalnie wydzielone i odpowiednio przygotowane miejsce lub pomieszczenie, przeznaczone do przechowywania węgla lub brykietów z węgla. Skład węgla przeznaczony do przechowywania zapasu węgla powstałego z nadwyżek dostaw w stosunku do rzeczywistego zapotrzebowania w okresie zmniejszonego zużycia, a przeznaczony do pokrycia niedoborów w dostawach w okresie zwiększonego zużycia, przez czas nie dłuższy niż czas bezpiecznego składowania nazywa się składem wyrównawczym. Dla tego typu składów nie ma problemów z zagrożeniem wystąpienia samozapłonu. Problem ten dotyczy składów rezerwowych, w których węgiel przechowywany jest dłużej niż czas bezpiecznego składowania.

Aby zmniejszyć ryzyko wystąpienia zagrożenia samozapłonem, teren pod skład powinien być suchy, nie zatapiać przez wody powodziowe i położony powyżej miejsc ewentualnego okresowego gromadzenia się wód opadowych. W miejscach przewidzianych do sypania zwalów nie powinno być przewodów parowych lub grzewczych, kabli elektrycznych, kanałów wodnych oraz innych instalacji, umożliwiających dopływ ciepła lub powietrza do podłoża zwalów. Od strony najczęściej wiejących wiatrów w danej okolicy, zwal powinien być osłonięty naturalną barierą (wzgórze) bądź osłoną sztuczną (hałdy, budynki). Podłoże składu powinno mieć co najmniej jednokierunkowy spadek od 3 do 8°, powinno być utwardzone.

- W miarę możliwości każdy sortyment węgla powinien być składowany w oddzielnych zwalach. Przy luźno sypanych zwalach, ich wysokość nie powinna przekraczać: 8 m – dla sortymentów M I, M II, M III i ich mieszanek z mułem węglowym;
- 6 m – dla sortymentów Gk, Gk I, Gk II;
- 4 m – dla pozostałych sortymentów węgla i brykietów z węgla.

Wysokości zwalów sypanych z zagęszczeniem nie ogranicza się. Nachylenie

zboczy zwalów powinno być w miarę możliwości o 5 – 10° mniejsze, niż kąt naturalnego zsypania węgla.

Zasady sypania węgla na zwalę według normy PN-G-07010:1994 [4]

Dla wszystkich węgla, dla których przewidywany czas składowania jest dłuższy niż czas bezpiecznego składowania wymagane jest sypanie zwalów z zagęszczeniem. Metody sypania węgla na zwalę podaje norma PN-G-07010:1994 [4]. Węgiel należy sypać po całej powierzchni zwalów. W czasie sypania węgiel należy rozgarniać, aby nie dopuścić do segregacji ziarna. Sypanie kolejnej warstwy węgla może nastąpić dopiero po zagęszczeniu warstwy poprzedniej tak, aby okiem nie uzbrojonym nie można było stwierdzić obecności szczelin. Po usypaniu ostatniej warstwy węgla należy wyrównać górną powierzchnię i zbocza zwalów, a następnie górną powierzchnię i zbocza dokładnie zagęścić, przy użyciu urządzenia zagęszczającego o działaniu statycznym i nacisku nie mniejszym niż 0,3 MPa. Grubość pojedynczej warstwy nasypowej nie może przekraczać:

- 1,5 m – dla węgla należącego do I lub II grupy samozapalności według normy PN-G-04558:1993;
- 1,0 m – dla węgla należącego do III grupy samozapalności według normy PN-G-04558:1993
- zasięgu skutecznego oddziaływania urządzenia zagęszczającego dla węgla należącego do IV i V grupy samozapalności według normy PN-G-04558:1993.

Przy użyciu urządzenia zagęszczającego o działaniu wibracyjnym i nacisku nie mniejszym niż 0,6 MPa, grubość pojedynczej warstwy nasypowej nie może przekraczać 1,5 m dla wszystkich grup samozapalności węgla.

Zasady kontrolowania węgla na zwale według normy PN-G-07010:1994 [4]

Po dwóch tygodniach od dnia umieszczenia pierwszej partii węgla na zwale

należy przez trzy miesiące codziennie przeprowadzać oględziny węgla. Po trzech miesiącach oględziny węgla należy przeprowadzać co najmniej 2 razy w tygodniu. Uwagę należy zwracać na występowanie objawów zgrzania się węgla, uszeregowanych w kolejności wzrastającego zagrożenia pożarowego:

- ukazywanie się wczesnym rankiem wilgotnych plam na powierzchni węgla, które znikają po wschodzie słońca (nie mylić z rosą osiadającą równomiernie na całej powierzchni zwalów);
- szybkie miejscowe wysychanie opadów atmosferycznych, a zimą topnienie śniegu;
- występowanie obłoczków pary wodnej;
- powstawanie nalotów popiołu i siarki;
- ulatnianie się dymów o charakterystycznym zapachu.

W przypadku zauważenia wyżej wymienionych zjawisk, w miejscu ich wystąpienia przeprowadza się prowizoryczną kontrolę temperatury węgla za pomocą pręta stalowego o średnicy około 15 mm i długości około 2 m, z zaostrozonym jednym końcem. Pręt należy wbić na całą długość, pozostawić go w węglu przez około 5 minut, a następnie szybko wyjąć i przesuwając ostrożnie ręką po pręcie, stwierdzić stopień jego nagrzania. Stwierdzenie wyraźnego nagrzania się pręta jest dowodem powstania w tym miejscu zagrożenia pożarowego. W takim miejscu należy założyć pomiarową rurę stalową w celu sprawdzenia temperatury.

Pomiary temperatury przeprowadza się przy użyciu stalowej rury pomiarowej, cienkościennej, o długości od 2 m do 3 m, do której można wsunąć termometr lub termoparę. Termometr należy pozostawić w rurze pomiarowej przez 10 minut. Kontrolę temperatury przeprowadza się dwa razy w tygodniu niezależnie od oględzin zwalów.

Jeżeli nie stwierdzi się wzrostu temperatury w ciągu 2 miesięcy można po tym okresie mierzyć temperaturę tylko raz na tydzień, a po dalszych dwóch miesiącach raz na 2 tygodnie. Jeżeli zostanie stwierdzona temperatura 45°C lub wyższa, wówczas dane miejsce należy uznać za zagrożone pożarem. Zagrożoną partię węgla należy zagęścić, uszczelnić lub zrosić wodą z dodatkiem składnika powierzchniowo czynnego. W przypadku gdy zostanie stwierdzony miejscowy wzrost temperatury powyżej 60°C, zagrożoną partię należy zabrać ze składu, rozrzucić cienką warstwą w innym miejscu i polać obficie wodą. Wyniki kontroli temperatury składowanego węgla należy obowiązkowo

zapisywać w dzienniku składowania. Jeżeli zostanie stwierdzone ustabilizowanie się temperatury węgla po jego zagęszczeniu, należy nadal wykonywać codzienne pomiary temperatury, aż do czasu jej obniżenia się do wartości bezpiecznej, tj. poniżej 45°C z tendencją spadkową.

Zasady sypania na zwalę i kontroli węgla o podwyższonej skłonności do samozapalenia według nowej metody

Węgłe o dużej i bardzo dużej skłonności do samozapalenia (IV i V grupa samozapalności) wymagają zastosowania specjalnych metod zarówno podczas sypania węgla na zwalę jak i kontroli magazynowanego węgla. Wymagania normy PN-G-07010:1994, dotyczącej metod składowania węgla kamiennego, są niewystarczające. Świadczą o tym liczne przypadki wystąpienia samozapłonów i pożarów w przemysłowych składowiskach węgla.

Węgłe IV i V grupy samozapalności muszą być sypane na zwalę tzw. metodą „deep compaction” z głębokim zagęszczaniem. Warstwy węgla, poddawane zagęszczaniu, nie mogą przekraczać 60 cm. Każda warstwa, począwszy od pierwszej, musi być zagęszczona przy użyciu walca wibracyjnego o nacisku nie mniejszym niż 0,6 MPa. Walec musi się poruszać w taki sposób, aby pokryć swoim śladem każde miejsce na zwale i przejechać po tym śladzie minimum 10 razy. Jeśli nie ma dostępu do urządzeń pozwalających zagęścić zbocza zwalę po jego usypaniu, walec musi, podczas zagęszczania każdej warstwy, zagęścić równocześnie zbocza tej warstwy z każdej strony zwalę. Zagęszczanie zboczy przez walec należy prowadzić do wysokości około 2 m. Zalecenia takie wynikają z doświadczeń, podczas których stwierdzono, że ogniska zapalne w zwale tworzą się w pierwszej kolejności na wysokości od 1 do 2 m od podstawy zwalę. Po usypaniu ostatniej warstwy węgla na zwale należy wyrównać górną powierzchnię i dokładnie zagęścić, przy użyciu tego samego walca. Następnie należy wyrównać zbocza zwalę i również zagęścić dostępnymi metodami.

Węgłe o dużej i bardzo dużej skłonności do samozapalenia (IV i V grupa samozapalności) wymagają również zastoso-

wania specjalnych metod kontroli, przede wszystkim częstszych niż zaleca norma PN-G-07010:1994 [4]. Po dwóch tygodniach od złożenia pierwszej warstwy węgla na zwale należy codziennie mierzyć temperaturę, na wszystkich zboczach zwalę, na wysokości 1 m od podstawy zwalę. Pomiary należy wykonywać przy użyciu termopary o długości 1 m.

Wnioski

1. Węgiel kamienny utrzymuje cały czas swoją wysoką pozycję jako paliwo w polskiej energetyce. Wymusza to konieczność utrzymywania zapasów węgla kamiennego niezbędnych do utrzymania ciągłości w procesie produkcji energii elektrycznej i ciepła;
2. Węgłe o dużej i bardzo dużej skłonności do samozapalenia wymagają zastosowania specjalnych metod zarówno podczas sypania węgla na zwalę jak i kontroli magazynowanego węgla pod kątem zagrożenia pożarem. Obecnie temat ten jest bardzo istotny, gdyż coraz częściej pojawiają się tego typu węgle na rynku polskim. Pochodzą one zarówno z polskich kopalń jak też są dostarczane ze wschodu oraz drogą morską. Głównym parametrem pozwalającym ocenić skłonność węgla do samozapalenia jest wskaźnik samozapalności. Podczas jego oznaczania określa się grupę samozapłonu, która pozwala ocenić skłonność węgla do samozapalenia i zaklasyfikować węgiel do węgla od bardzo małej do bardzo dużej skłonności do samozapalenia;
3. Skłonność polskich węgla energetycznych do samozapłonu jest zróżnicowana i zmienia się w zależności od typu węgla. Typy węgla 34.1 i 34.2 są najmniej skłonne do samozapalenia natomiast typy węgla 31.1, 31.2 i 32.1 wykazują bardzo dużą skłonność.
4. Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że istnieje zależność między wskaźnikiem refleksyjności wityritu, który jest najdokładniejszym i bezwzględny miernikiem stopnia uwęglenia substancji organicznej węgla i skłonnością węgla do samozapłonu. W miarę wzrostu wartości wskaźnika refleksyjności wityritu

rośnie energia aktywacji i równocześnie maleje skłonność węgla do samozapalenia się. Na podstawie tej zależności podzielono węgle na węgle o małej ($R_o > 0,80\%$), średniej (R_o od 0,60 do 0,80 %) i dużej ($R_o < 0,60\%$) skłonności do samozapalenia;

5. Węgłe o dużej i bardzo dużej skłonności do samozapalenia (IV i V grupa samozapalności) wymagają zastosowania specjalnych metod, zarówno podczas sypania węgla na zwalę jak i kontroli magazynowanego węgla. Wymagania normy PN-G-07010:1994, dotyczącej metod składowania węgla kamiennego, są niewystarczające. Świadczą o tym liczne przypadki wystąpienia samozapłonów i pożarów na przemysłowych składowiskach węgla.
6. Węgłe IV i V grupy samozapalności muszą być sypane na zwalę tzw. metodą „deep compaction” z głębokim zagęszczaniem.

LITERATURA

- [1] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 roku „Prawo energetyczne”, Dz. U. 1997, Nr 54, poz. 348;
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 lutego 2003 w sprawie zapasów paliw w przedsiębiorstwach energetycznych, Dz. U. 2003 Nr 39 poz. 337 i 338;
- [3] Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 19 maja 2010, Dz. U. 2010, Nr 108, poz. 701;
- [4] PN-G-07010:1994 Węgiel kamienny i brykiety z węgla kamiennego. Składowanie;
- [5] PN-G-04558:1993 Węgiel kamienny. Oznaczanie wskaźnika samozapalności;
- [6] Karolczuk H., Racjonalna gospodarka węglem energetycznym, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1978;
- [7] Mielecki T., Wiadomości o badaniu i właściwościach węgla, Wydawnictwo Śląsk, 1971;
- [8] PN-G-97002:2018-11 Węgiel kamienny. Klasyfikacja. Typy;
- [9] PN-G-04560:1998 Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości wilgoci, części lotnych oraz popiołu analizatorem automatycznym;
- [10] PN-G-04584:2001 Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości siarki całkowitej i popiołowej automatycznymi analizatorami;
- [11] PN-G-04571:1998 Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości węgla, wodoru i azotu automatycznymi analizatorami. Metoda makro;
- [12] PN-ISO 7404-5:2002 Metody analizy petrograficznej węgla kamiennego (bitumicznego) i antracytu. Część 5: metoda mikroskopowa oznaczania refleksyjności wityritu;
- [14] PN-G-04558: 1993 Węgiel kamienny. Oznaczanie wskaźnika samozapalności.



Zapraszamy na naszą stronę www.informacjainstal.com.pl