

Układy technologiczne w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego na świecie

Surface mining systems in lignite mines around the world



*Prof. dr hab. inż. Zbigniew Kasztelewicz**



*Mgr inż. Mateusz Sikora**



*Dr inż. Maciej Zajączkowski**



*Mgr inż. Michał Patyk**

Treść: Węgiel brunatny wciąż jest jednym z podstawowych surowców energetycznych świata. Może być eksploatowany zarówno metodą odkrywkową, jak i podziemną. W zależności od metody, jak i występujących warunków geologiczno-górnictwa stosuje się różne układy technologiczne. W artykule dokonano przeglądu układów wydobywczych stosowanych w odkrywkowym górnictwie węgla brunatnego na świecie. Dokonano krótkiej charakterystyki każdego z nich, wskazano wady, zalety oraz przykłady ich zastosowań.

Abstract: Lignite is still one of the most important energy source in the world. It can be mined by opencast or underground method exploitation. Depending on the method there are different technological mining systems. This paper presents an overview of the different mining systems which are used in lignite surface mining around the world. It presents a short characteristics of each of them, shows their advantages, disadvantages and examples of their application.

Słowa kluczowe:

górnictwo odkrywkowe, węgiel brunatny, system ciągły, system cykliczny

Key words:

surface mining, lignite, continuous mining system, cyclic mining system

*) AGH w Krakowie

1. Wprowadzenie

Jako układ technologiczny rozumie się zbiór maszyn i urządzeń celowo dobranych i funkcjonalnie połączonych dla prowadzenia procesu eksploatacyjnego w danych warunkach złożowych, klimatycznych i ekonomiczno-organizacyjnych [2].

Górnictwo węgla brunatnego charakteryzuje się bardzo dużą skalą wydobycia, nie spotykaną w przypadku eksploatacji innego rodzaju kopalni. Dlatego też, stosowane w tym górnictwie układy technologiczne, oprócz pozyskiwania samego węgla brunatnego, muszą także być w stanie zdjąć odpowiednią ilość nadkładu. Powoduje to, że sumaryczna ilość urabianego materiału może dochodzić nawet do 240 mln m³ rocznie (np. kopalnia Garzweiler, Niemcy).

Wykorzystywane obecnie układy technologiczne w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego na świecie można podzielić za względu na stosowaną technologię eksploatacji tj. ciągłą, cykliczną oraz mieszaną.

Dodatkowo, z uwagi na ilość maszyn wykorzystywanych w podstawowych procesach wydobywczych, można wyróżnić układy:

- jednoelementowe (koparka zgarniakowa),
- dwuelementowe (koparka wielonaczyniowa–most przerzutowy, koparka wielonaczyniowa–zwałowarka z wydłużonym wysięgnikiem zwałującym, koparka jednonaczyniowa–transport oponowy, kombajn frezujący–transport oponowy),
- trójelementowe (koparka wielonaczyniowa–taśmociąg–zwałowarka, koparka jednonaczyniowa–transport oponowy–spycharka).

W przeszłości do układów jednoelementowych można było zaliczyć także maszyny dwufunkcyjne (tj. koparko-zwałowarkę jako jedną maszynę). Rozwiązania te nie sprawdziły się jednak w praktyce i obecnie nie są już stosowane.

2. Układy ciągłe

2.1. Układ koparka wielonaczyniowa–taśmociąg–zwałowarka taśmowa (KTZ)

Układ koparka wielonaczyniowa–taśmociąg–zwałowarka taśmowa (KTZ) jest podstawowym układem wydobywczym w europejskim górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego. KTZ jest typowym układem ciągłym z transportem okręż-

nym. Stosowany jest zarówno do zdejmowania nadkładu, jak i eksploatacji węgla brunatnego.

Na układ ten składają się trzy elementy:

- koparka wielonaczyniowa kołowa (o budowie tradycyjnej lub kompaktowej) lub łańcuchowa,
- układ przenośników taśmowych,
- zwałowarka taśmowa.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat układu koparka wielonaczyniowa–taśmociąg–zwałowarka taśmowa (KTZ).

Do podstawowych zalet układu zaliczyć można:

- bardzo dużą wydajność (nawet do 22 000 m³/h),
 - największą elastyczność i manewrowość wśród układów ciągłych,
 - możliwość prowadzenia eksploatacji selektywnej,
 - stosunkowo małą liczbę pracowników obsługujących układ,
 - niskie jednostkowe koszty eksploatacyjne.
- Do podstawowych wad układu zaliczyć można:
- awaria jednego z elementów składowych powoduje unieruchomienie całego układu,
 - ograniczone możliwości eksploatacji utworów trudno urabialnych,
 - konieczność wydzielenia wielu pięter, przez co zwiększa się powierzchnia wyrobiska,
 - wysokie koszty inwestycyjne.

Układ ten jest podstawowym układem technologicznym stosowanym w większości europejskich kopalń węgla brunatnego m.in.: Hambach, Garzweiler (Niemcy), Bełchatów, Turów (Polska), Maritsa (Bułgaria), Bilina (Czechy), Tamnava (Serbia). Można także wskazać przykłady stosowania tego układu w kopalniach na innych kontynentach np. Morwell (Australia), NLC Neyveli (Indie), Hei Dai Gou (Chiny).

2.2. Układ koparka wielonaczyniowa–most przerzutowy

Układ koparka (koparki) wielonaczyniowa–most przerzutowy jest układem stosowanym głównie w niemieckim górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego na Łużycach. Jest to przykład układu ciągłego z transportem przerzutowym. Stosowany jest wyłącznie do zdejmowania nadkładu.

Na układ ten składają się dwa elementy:

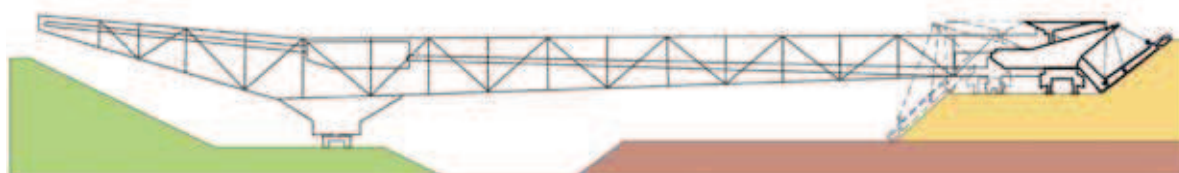
- dwie lub trzy koparki wielonaczyniowe łańcuchowe (w zależności od typu mostu),
- most przerzutowy.

Na rysunku 2 przedstawiono schemat układu z mostem przerzutowym.



Rys. 1. Schemat układu technologicznego koparka wielonaczyniowa–taśmociąg–zwałowarka taśmowa [opracowanie własne]

Fig. 1. Scheme of the system of bucket ladder excavator – belt conveyor flight – dumping conveyor [own elaboration]



Rys. 2. Schemat układu technologicznego koparka wielonaczyniowa–most przerzutowy [opracowanie własne]

Fig. 2. Scheme of the system of bucket ladder excavator – conveyor bridge [own elaboration]

Do podstawowych zalet układu zaliczyć można:

- bardzo dużą wydajność (do 20 000 m³/h),
- dużą efektywność pracy (nawet do 80% czasu kalendarzowego),
- maksymalne skrócenie drogi transportu nadkładu,
- mniejszą powierzchnię wyrobiska niż w układzie KTZ,
- małą liczbę pracowników obsługujących układ,
- niskie jednostkowe koszty eksploatacyjne.

Do podstawowych wad układu zaliczyć można:

- możliwość stosowania wyłącznie w specyficznych warunkowaniach geologiczno-górnictwa (regularne oraz poziome zaleganie złoże i warstw nadkładowych, regularny kształt granic eksploatacji, małe zawodnienie, korzystne warunki stateczności),
- małe zapasy odkrytej kopaliny ograniczone zasięgiem układu,
- awaria jednego z elementów składowych powoduje unieruchomienie całego układu,
- konieczność utrzymywania i okresowego przesuwania torów dla podwozia szynowego koparek i mostu,
- brak możliwości eksploatacji selektywnej,
- brak możliwości eksploatacji utworów trudno urabialnych,
- bardzo małą elastyczność i manewrowość układu.

Układ koparka wielonaczyniowa–most przerzutowy stosowany jest w niemieckim górnictwie węgla brunatnego. Dotychczas zbudowano tam około 50 takich układów. Jednak z uwagi na zamknięcie licznych kopalń we wschodniej części Niemiec oraz coraz trudniejsze warunki geologiczno-górnictwa dzisiaj pracuje ich już tylko 5, tj. w kopalniach Welzow, Cottbus Nord, Nochten, Reichwalde i Janschwalde [1].

2.3. Układ koparka wielonaczyniowa–zwałowarka taśmowa z wydłużonym wysięgnikiem zwałującym

Układ koparka wielonaczyniowa–zwałowarka taśmowa z wydłużonym wysięgnikiem zwałującym (tj. pow. 150 m) jest rzadziej spotykanym układem ciągłym z transportem przerzutowym. Stosowany jest on wyłącznie do zdejmowania nadkładu.

Na układ ten składają się dwa elementy:

- koparka wielonaczyniowa kołowa,
- zwałowarka taśmowa z wydłużonym wysięgnikiem zwałującym.

Na rysunku 3 przedstawiono schemat układu koparka wielonaczyniowa–zwałowarka taśmowa z wydłużonym wysięgnikiem zwałującym.

Do podstawowych zalet układu zaliczyć można:

- maksymalne skrócenie drogi transportu nadkładu,
- stosunkowo dużą efektywność pracy,
- mniejszą powierzchnię wyrobiska niż w układzie KTZ,
- małą liczbę pracowników obsługujących układ,
- niskie jednostkowe koszty eksploatacyjne.

Do podstawowych wad układu zaliczyć można:

- możliwość zastosowania tylko na najniższych piętrach wyrobiska,
- małe zapasy odkrytej kopaliny ograniczone zasięgiem układu,
- awaria jednego z elementów składowych powoduje unieruchomienie całego układu,
- brak możliwości eksploatacji utworów trudno urabialnych, małą elastyczność i manewrowość układu.

Układ koparka wielonaczyniowa–zwałowarka taśmowa z wydłużonym wysięgnikiem jest rzadko spotykaną technologią pracy w kopalniach węgla brunatnego. W Europie układ ten pracuje m.in. w kopalni Visonta (Węgry) i Tismana (Rumunia). Do 2011 r. podobną technologię, zwaną *Cross Pit Spreader System*, stosowano w kopalni Monticello (USA) [5]. Obecnie w USA nie pracuje już żaden układ ciągły przy wydobywaniu węgla brunatnego. W kraju tym, systemy tego typu całkowicie zastąpiły układy cykliczne.

3. Układy cykliczne

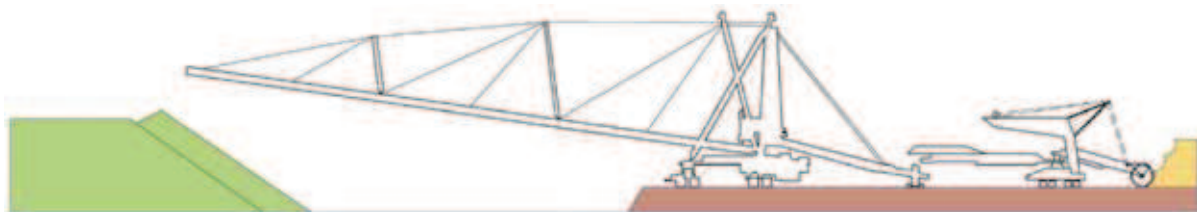
3.1. Koparka jednonaczyniowa–wozidła technologiczne–spycharka

Układ koparka jednonaczyniowa–wozidła technologiczne–spycharka jest typowym układem cyklicznym z transportem okrężnym. Układ ten stosowany jest zarówno do zdejmowania nadkładu jak i eksploatacji węgla brunatnego.

Na układ ten składają się dwa lub trzy elementy:

- koparka jednonaczyniowa podsiębierna lub przedsiębiorna (hydrauliczna lub linowa),
- tabor wozideł sztywnoramowych lub przegubowych,
- spycharka.

Na rysunku 4 przedstawiono schemat układu.



Rys. 3. Schemat układu technologicznego koparka wielonaczyniowa–zwałowarka z wydłużonym wysięgnikiem zwałującym [Opracowanie własne]

Fig. 3. Scheme of the system of bucket ladder excavator – dumping conveyor [own elaboration]



Rys. 4. Schemat układu technologicznego koparka jednonaczyniowa–transport oponowy–spycharka [Opracowanie własne]

Fig. 4. Scheme of the system of single-bucket excavator – tyre transport – bulldozer [own elaboration]

Do podstawowych zalet układu zaliczyć można:

- możliwość eksploatacji utworów trudno urabialnych,
- możliwość pracy w trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych (nieregularne zaleganie złoża, nieregularny kształt granic eksploatacji),
- wysoką elastyczność i uniwersalność (urabianie kopaliny lub nadkładu),
- niższe koszty inwestycyjne od układów ciągłych,
- możliwość selektywnej eksploatacji i zwałowania,
- awaria jednego z elementów składowych nie powoduje unieruchomienia całego układu.

Do podstawowych wad układu zaliczyć można:

- ograniczoną wydajność (do 4 000 m³/h),
- dużą liczbę pracowników obsługujących układ,
- efektywność pracy uzależnioną od warunków atmosferycznych,
- konieczność stosowania kruszarki w celu rozdrobnienia odspojonego węgla (duża łyżka koparki urabia duże bryły węgla),
- stosunkowo wysokie koszty eksploatacyjne (zużycie opon, utrzymanie dróg itd.).

Układ koparka jednonaczyniowa–wozidła technologiczne–psycharka stosowany jest w większości kopalń w USA i Australii do eksploatacji pokładów węgla brunatnego. W Europie układ ten stosowany jest m.in. w kopalni South Field (Grecja) i Grivice (Bośnia i Hercegowina).

W przypadku korzystnych oporów urabiania węgla brunatnego, zamiast koparek jednonaczyniowych, stosuje się także ładowarki.

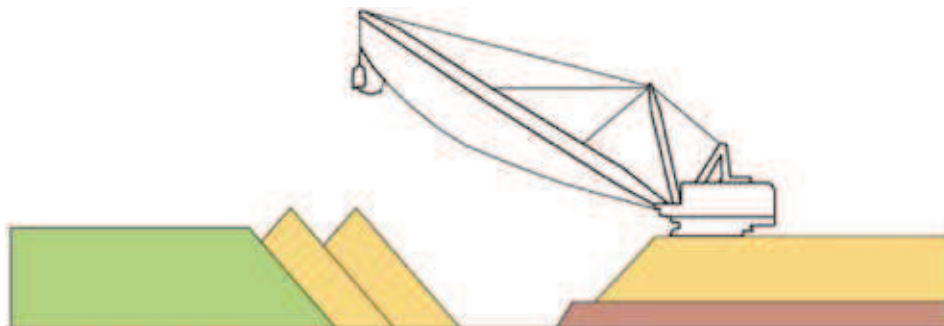
3.2. Koparka zgarniakowa (dragline)

Układ z zastosowaniem dużej koparki zgarniakowej jest przykładem cyklicznej technologii eksploatacji. W odkrywkowym górnictwie węgla brunatnego, jako maszyna podstawowa stosowana jest ona wyłącznie do zdejmowania nadkładu zalegającego bezpośrednio nad złożem. Z uwagi na ograniczony zasięg koparki zgarniakowej pracującej w typowym systemie zabierkowym, fronty eksploatacyjne przybierają charakterystyczny wąski i podłużny kształt.

Na układ ten składa się jeden element:

- koparka zgarniakowa (dragline).

Na rysunku 5 przedstawiono schemat układu z koparką zgarniakową.



Rys. 5. Schemat układu technologicznego – koparka zgarniakowa [opracowanie własne]
Fig. 5. Scheme of the system of dragline excavator [own elaboration]



Rys. 6. Schemat układu technologicznego kombajn frezujący – wozidła technologiczne [opracowanie własne]
Fig. 6. Scheme of the system of milling excavator – off-highway dump track [own elaboration]

Do podstawowych zalet układu zaliczyć można:

- proces urabiania, transportu oraz zwałowania realizuje jedna maszyna,
- małą powierzchnię wyrobiska,
- dużą wydajność (do 10 000 m³),
- małą liczbę osób obsługujących układ,
- niskie jednostkowe koszty eksploatacyjne,
- dużą efektywność pracy.

Do podstawowych wad układu zaliczyć można:

- małe zapasy odkrytej kopaliny ograniczone zasięgiem koparki,
- możliwość eksploatacji wyłącznie skał niezwiązków lub skał uprzednio rozluźnianych MW,
- możliwość zastosowania tylko na najniższych piętrach wyrobiska lub w kopalniach płytkich o małej grubości nadkładu,
- wymagane dobre parametry geotechniczne skał,
- małą mobilność i elastyczność układu (podwozie kroczące),
- wysokie koszty inwestycyjne.

Układ z zastosowaniem koparki zgarniakowej nie jest stosowany w europejskich kopalniach węgla brunatnego. Jest on natomiast podstawowym układem technologicznym w USA. W kraju tym, wykorzystywany jest on m.in. w kopalni: Freedom, Falkirk, Red Hills, Sabine [6]. Układ ten stosowany jest również w kopalni: San Miguel (Australia), Hei Dai Gou (Chiny) [7].

4. Układy mieszane

4.1. Kombajn frezujący–wozidła technologiczne

Układ kombajn frezujący–wozidła technologiczne jest przykładem mieszanego układu technologicznego, tj. połączenie ciągłego urabiania oraz cyklicznego transportu. Układ ten stosowany jest obecnie wyłącznie do urabiania węgla brunatnego.

Na układ ten składają się dwa elementy:

- kombajn frezujący,
 - tabor wozideł sztywnoramowych lub przegubowych.
- Na rysunku 6 przedstawiono schemat układu z kombajnem frezującym.

Do podstawowych zalet układu zaliczyć można:

- możliwość eksploatacji utworów trudno urabialnych,
- możliwość prowadzenia eksploatacji selektywnej złoża,
- możliwość precyzyjnego urabiania bardzo cienkich pokładów węgla brunatnego,
- równoczesne prowadzenie procesu urabiania oraz wstępnego kruszenia (kombajn z bębniem frezującym zamocowanym czołowo), lub też także z bezpośrednim załadunkiem urobku na środki transportowe (kombajn z bębniem frezującym zamocowanym centralnie).

Do podstawowych wad układu zaliczyć można:

- ograniczoną wydajność (do 2 000 m³/h),
- małą efektywność na krótkich i wąskich frontach eksploatacyjnych,
- możliwość zastosowania tylko do złóż zalegających poziomo,
- małą elastyczność,
- problemy eksploatacyjne wynikające z połączenia ciągłego systemu urabiania oraz transportu cyklicznego.

Jedyną obecnie kopalnią węgla brunatnego w Europie wykorzystującą układ z kombajnem frezującym w połączeniu z wozidłami technologicznymi jest kopalnia Gacko (Bośnia i Hercegowina). Poza Europą układ ten znajduje coraz większe zastosowanie w Indiach (Mahanadi Mine) oraz USA (Red Hills Mine).

5. Podsumowanie

W artykule dokonano przeglądu układów technologicznych stosowanych w odkrywkowym górnictwie węgla brunatnego na świecie. Część z wymienionych układów jest wykorzystywana zarówno do zdejmowania nadkładu jak i eksploatacji kopaliny np. układ KTZ.

Niektóre z nich stosowane są wyłącznie do zdejmowania nadkładu np. koparki wielonaczyniowe–most przerzutowy

lub wyłącznie do eksploatacji węgla brunatnego np. kombajn frezujący–wozidła technologiczne.

Dodatkowo, w zależności od warunków geologiczno-górnictwowych występujących na danych poziomach eksploatacyjnych, mogą być zastosowane różne układy technologiczne w obrębie jednej kopalni. Przykładem takiego rozwiązania jest kopalnia South Field w Grecji, gdzie nadkład zdejmowany jest w części przez układy KTZ jak i koparki jednonaczyniowe–wozidła technologiczne–spycharki. Podobna sytuacja występuje także dla pięter węglowych [3].

Odmienne sprawa wygląda w kopalni Red Hills w USA, gdzie na pierwszych piętrach nadkładowych wykorzystywane są koparki jednonaczyniowe–wozidła technologiczne–spycharki, na ostatnim piętrze – koparka zgarniakowa, a pokład węgla brunatnego eksploatowany jest kombajnem frezującym współpracującym z wozidłami technologicznymi.

Literatura

1. *Kasztelewicz Z.*: Koparki wielonaczyniowe i zwałowarki taśmowe. Technologia pracy. Kraków 2012
2. *Kasztelewicz Z., Sikora M., Zajczkowski M.*: Przegląd układów technologicznych stosowanych w górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego w Europie. Monografia „Węgiel brunatny – szanse i zagrożenia”, Kraków 2014
3. *Kasztelewicz Z., Zajczkowski M., Sikora M.*: Technologia urabiania utworów trudno urabialnych na przykładzie kopalni węgla brunatnego South Field w Grecji. Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 85, Kraków 2013
4. *Thomas L., Frankland S.*: Mining at Gacko Opencast Mine, Bosnia-Herzegovina a question of economics. *Geologica Belgica* 7/3-4 2004
5. www.mineralseducationcoalition.org.
6. www.nacoal.com.
7. *Zhiming Z.*: China's First AC Powered Walking Dragline in Coal Mining. <https://mining.cat.com/cda/files/2793951/7/scotterill%2520paper%2520minexpo%2520final.pdf>