

WYKORZYSTANIE TECHNIKI IDEF0 DO GRAFICZNEGO PRZEDSTAWIENIA PROCESU WYTWARZANIA CEMENTU

Aleksandra ULAN, Joanna SITKOWSKA, Jerzy DUDA

Streszczenie: Artykuł dotyczy wykorzystania metody IDEF0. Zastosowana technika posłużyła do graficznego przedstawienia procesu wytwórczego cementu z uwzględnieniem poszczególnych operacji logistycznych. Ze względu na złożoność procesu, szczegółowo przedstawione zostały dwa węzły technologiczne.

Słowa kluczowe: metoda IDEF0, wytwarzanie cementu, logistyka

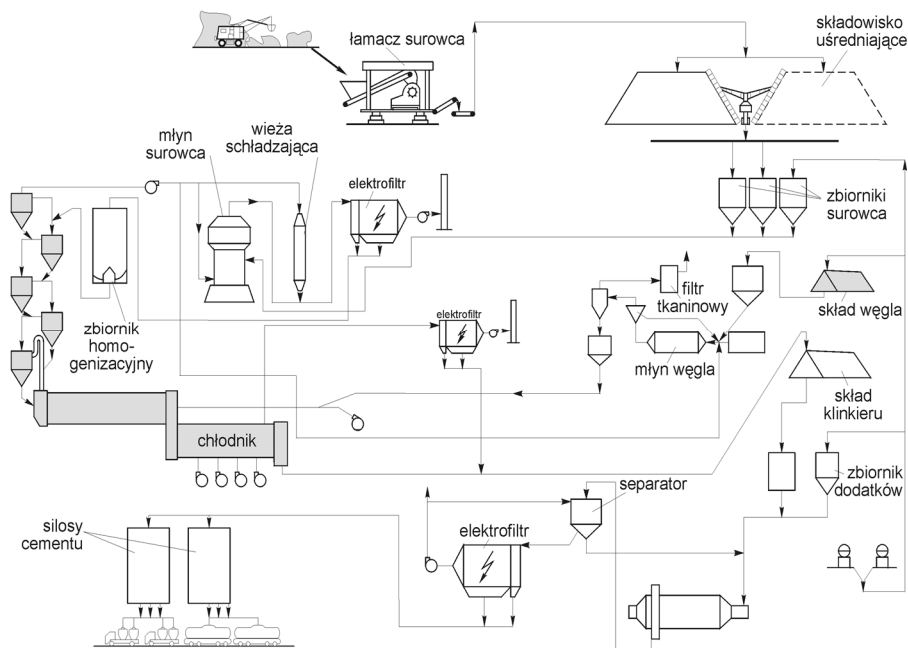
1. Wstęp

W przemyśle cementowym proces wytwarzania jest procesem ciągłym. Owa ciągłość oznacza, że proces produkcji cementu jest zautomatyzowany i przebiega bez przerw w całodobowym cyklu pracy, a poszczególne operacje technologiczne mają charakter fizyko-chemiczny, [1]. Ciągłość procesu wytwarzania zapewnia logistyka, jako dziedzina nauki, która odpowiada za właściwy przepływ dóbr. Dlatego też mówi się o ścisłej zależności między logistyką a produkcją, [2, 3]. Zadaniem logistyki jest wspieranie podstawowej działalności przedsiębiorstwa, tj. produkcji różnego rodzaju cementów. Z uwagi na istotę logistyki, jako dziedziny wspierającej działalność przedsiębiorstwa i odpowiadającej za ciągły przepływ dóbr, w artykule wykorzystano technikę IDEF0.

W procesie wytwarzania cementu można wyróżnić 5 głównych, następujących po sobie etapów produkcji:

- wydobycie surowców w kamieniołomie, tj. wapienia i margla
- przygotowanie mieszaniny surowcowej, tzw. mączki surowcowej
- wypalanie klinkieru – głównego półproduktu do produkcji cementu
- przemiał cementu
- magazynowanie i pakowanie cementu.

W zależności od sposobu przygotowania mieszaniny surowcowej, rozróżnia się dwie zasadnicze metody wytwarzania: mokrą i suchą. W metodzie mokrej przygotowanie surowca polega na zmieleniu go w młynie kulowym z dodatkiem wody na szlam o zawartości 35-40 % H₂O, który po korekcji i uśrednieniu jest następnie wypalany w piecu obrotowym. Natomiast w metodzie suchej nadawa piecowa przygotowana jest w postaci suchej mączki, w młynie susząco-mielącym. Na rys. 1 przedstawiono schemat linii technologicznej produkcji cementu metodą suchą, która ze względu na niższą energochłonność i większą zdolność produkcyjną jest obecnie najczęściej stosowaną na świecie technologią produkcji. W Polsce ponad 98 % cementu produkuje się metodą suchą.



Rys. 1. Schemat linii technologicznej produkcji cementu metodą suchą, opracowanie własne

Proces wytwarzania cementu rozpoczyna się od wydobycia surowców (wapieni) w kamieniołomie. Wydobyty materiał podlega rozdrobieniu, a następnie transportowany jest wraz z odpowiednimi dodatkami (dodatki korekcyjne) na zakład. Przygotowany materiał podlega zmieleniu w młynie susząco-mielącym surowca do postaci tzw. mączki surowcowej, która po procesie korekcji składu chemicznego i homogenizacji stanowi nadawę do pieca. Tak przygotowana mączka wprowadzana jest do pieca, gdzie w procesie wypalania pod wpływem wysokiej temperatury przekształca się w klinkier. Produkt końcowy – cement uzyskuje się po zmieleniu klinkieru wraz z odpowiednimi dodatkami w młynie cementu. Wyprodukowany cement magazynowany jest w silosach. W cementowni istnieją dwie możliwości zakupu cementu: luzem lub w workach.

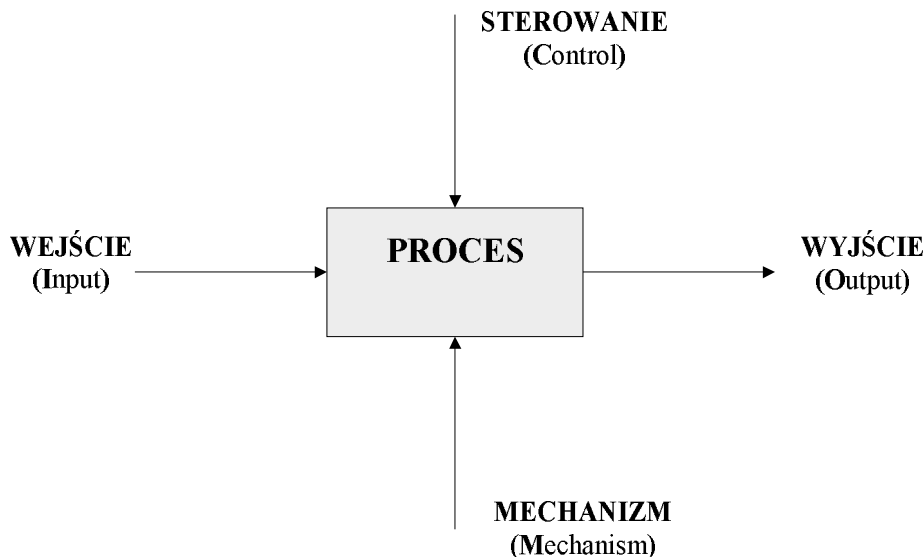
2. Wykorzystanie techniki IDEF0 do przedstawienia operacji logistycznych procesu wytwarzania cementu

Technika IDEF0 używana jest do budowy „modelu funkcji”, w której prezentowana jest struktura funkcji, procesów, czynności, zachodzących w przedsiębiorstwie. Skrót IDEF0 pochodzi od nazwy **I**ntegration **DEF**inition, natomiast cyfra „0” określa jedną z serii metod IDEF [4, 7]. W metodzie IDEF0 wykorzystywane są dwa podstawowe elementy graficzne. Wyróżnić można:

1. **KOSTKI** (prostokąty) – prezentujące funkcje, tj. procesy, działania, operacje, czynności. Wyróżnia się dwa typy kostek [4-6]:
 - ✓ **kostkę „rodzic”**, której elementy (detale) przedstawiane są na niższym poziomie,

- ✓ **kostkę „dziecko”**, będącą pojedynczym elementem (detalem) kostki „rodzic”.
2. **STRZAŁKI** – tzw. obiekty obustronnych relacji między funkcjami. Wyróżnia się cztery typy strzałek:
- ✓ **wejścia** (*Input*), prezentujące elementy wejściowe procesu, czyli takie, które wymagane są przed przystąpieniem działania,
 - ✓ **wyjścia** (*Output*), prezentujące elementy wyjściowe procesu, tj. takie, które są wytworem danego działania,
 - ✓ **sterowania** (*Control*), oznaczające mechanizmy kontroli (sterowania), wymuszające dane działanie,
 - ✓ **mechanizmu** (*Mechanism*), oznaczające pozostałe mechanizmy, umożliwiające dane działanie.

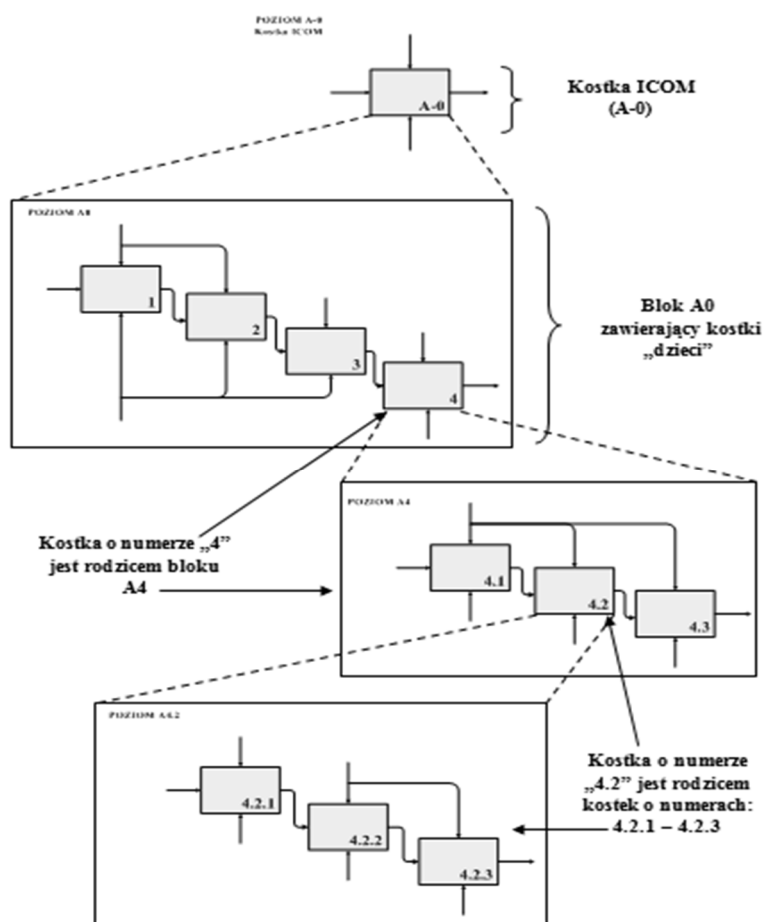
Połączenie dwóch podstawowych elementów graficznych, tj. kostki i strzałek tworzy kostkę ICOM (fundament w modelowaniu procesu). Nazwa kostki pochodzi od pierwszych liter angielskich nazw oddziaływań przedstawianych za pomocą strzałek. Ogólny schemat budowy kostki ICOM przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Kostka ICOM, opracowanie na podstawie, [4-7]

Metoda IDEF0 pozwala szczegółowo i precyzyjnie odzwierciedlić opisaną rzeczywistość. Dlatego też efektem wykorzystania metody IDEF0 jest seria diagramów o strukturze hierarchicznej [4-7]. Oznacza to, że poszczególne schematy (diagramy) wyższego poziomu, tzw. „rodzicielskie” można rozwinąć na bardziej szczegółowe schematy niższych rzędów, tzw. schematów „potomne”. Rysunek 3 prezentuje przykładowy model hierarchicznej struktury diagramów. Fundamentem w modelowaniu danego procesu techniką IDEF0 jest kostka ICOM, zajmująca w strukturze poziom A-0. Przedstawia ona kostkę reprezentującą dany proces oraz strzałki oznaczające nakłady, efekty, mechanizmy sterowania oraz pozostałe mechanizmy niezbędne do realizacji danego procesu. Rozwinięciem kostki ICOM jest blok A0 zawierający cztery kostki, tzw. kostki „dzieci”. Poszczególnym prostokątom przyporządkowane są odpowiednie numery oznaczające kolejność wykonywanych działań. W bloku A0 kostka o numerze cztery jest

ostatnią w kolejności realizowaną operacją składającą się na dany proces. Jest kostką „dziecko” dla schematu wyższego poziomu (A-0) i jednocześnie kostką „rodzic” dla schematu niższego rzędu (A4). Numery kolejnych schematów niższych poziomów wynikają z cyfry znajdującej się na kostce (w prawym dolnym rogu prostokąta) podlegającej dalszemu uszczegółowieniu. Zatem kostka o numerze cztery składa się z trzech operacji o numerach 4.1–4.3. Kostkę o numerze 4.2 uszczegółowiono w postaci schematu niższego rzędu A4.2. Kostka 4.2 zatem składa się z trzech działań (operacji) o numerach 4.2.1–4.2.3.

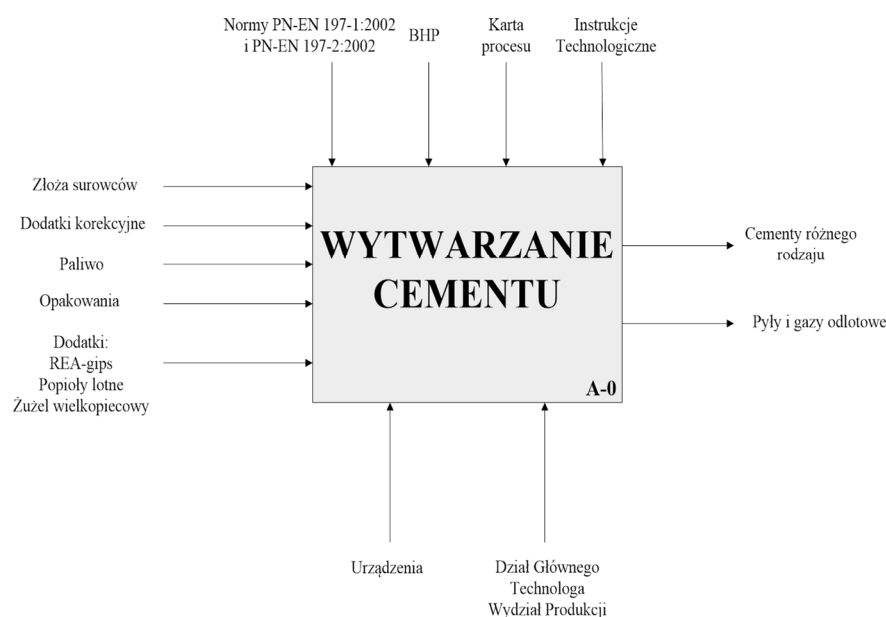


Rys. 3. Przykładowa struktura (hierarchiczna) serii diagramów, opracowanie na podstawie [6,7]

Podsumowując, metoda IDEF0 stosowana jest do modelowania procesów. Opisuje czynności, operacje, które składają się na dany proces oraz narzędzia niezbędne do jego realizacji, [7]. Efektem jej jest seria diagramów o strukturze hierarchicznej, a każdy schemat składa się z wielu kostek, tj. operacji, działań, połączonych ze sobą za pomocą strzałek. Strzałki wyjścia z jednej kostki są jednocześnie strzałkami wejścia dla kolejnej, [4-7]. Graficzne przedstawienie procesu wytwarzania cementu, przy wykorzystaniu metody IDEF0, rozpoczyna się od utworzenia modelu kostki ICOM. Zgodnie z graficznymi

zasadami tworzenia modelu metodą IDEF0, kostka ICOM (poziom A-0) dla procesu „Wytwarzanie cementu”, którą przedstawiono na rys. 4, zbudowana jest z kostki reprezentującej proces oraz strzałek wejścia, wyjścia, sterowania i mechanizmów, [5].

**KOSTKA ICOM
POZIOM A-0**



Rys. 4. Kostka ICOM dla procesu „Wytwarzanie cementu” , opracowanie własne

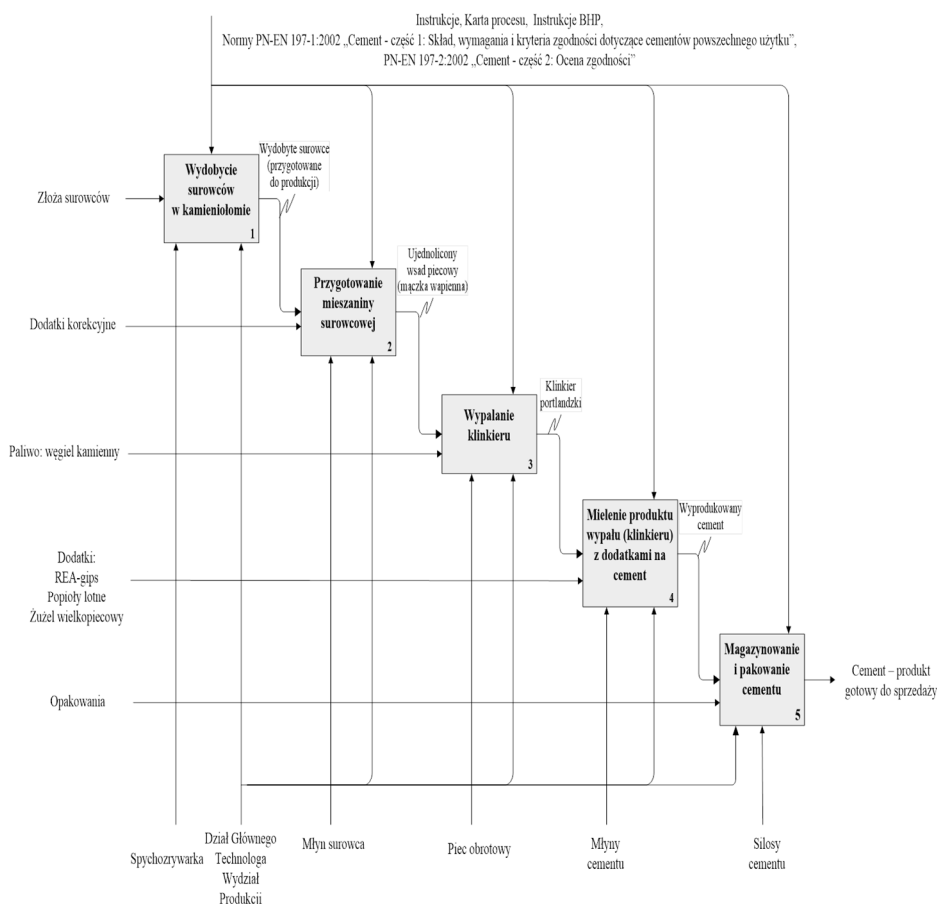
Do elementów wejściowych procesu wymaganych do jego realizacji, oznaczonych strzałkami wejścia należą:

- złoża surowców, tj. kamień wapienny i margiel – wydobywane w kamieniołomie
- dodatki korekcyjne - zaopatrywane z zewnątrz
- opakowania, tj. worki, folie, palety, itp.
- dodatki do cementu, czyli odpady powstałe z procesów innych zakładów przemysłowych, tj. REA-gips, popioły lotne, żużel wielkopiecowy.

Do elementów wyjściowych procesu, powstałych na skutek transformacji przez proces do postaci stanowiącej wyjście, należą różnego rodzaju cementy oraz towarzyszące temu procesowi pyły i gazy odlotowe. Strzałki pionowe skierowane „w dół” określają mechanizmy kontroli (sterowania), wymuszające proces wytwarzania cementu. Obejmują instrukcje technologiczne, instrukcje BHP, kartę procesu i polskie normy. Strzałki skierowane „w górę” określają natomiast zasoby potrzebne do wykonania procesu, tj. różnego rodzaju urządzenia oraz ludzi koordynujących przebieg procesu i realizujących zadania w ramach działów: Głównego Technologa oraz Wydziału Produkcji.

Kolejny schemat (poziom A0) reprezentują kostki składające się na proces „Wytwarzanie cementu” (rys. 5). Wyróżnia się pięć głównych etapów produkcji, [9].

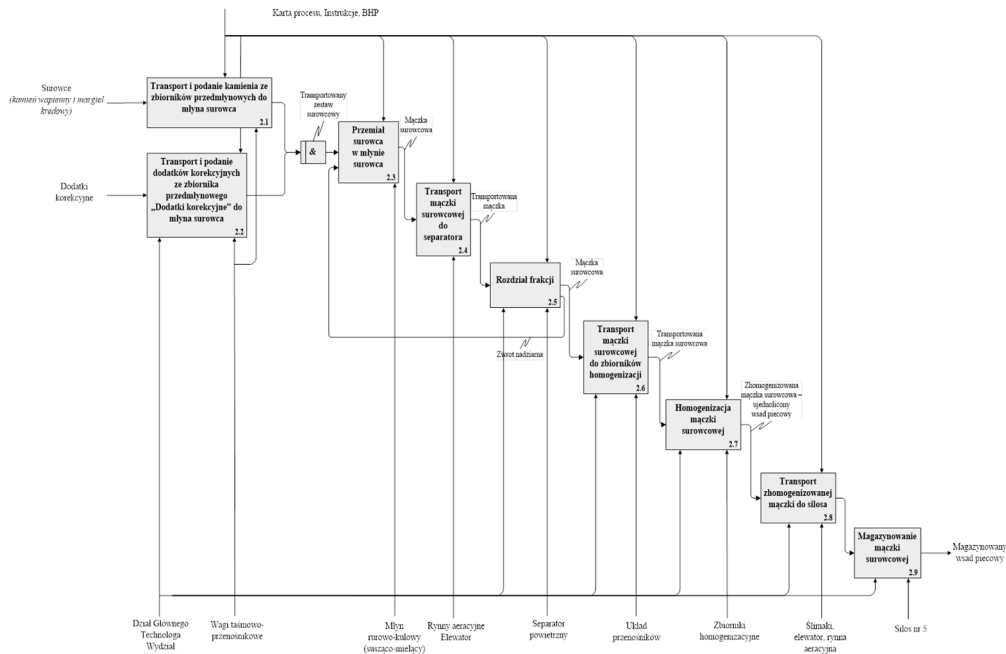
POZIOM A0 – WYTWARZANIE CEMENTU



Rys. 5. Poziom A0 – „Wytwarzanie cementu”, opracowanie własne

Ze względu na złożoność procesu, w artykule omówione i przedstawione szczegółowo zostały tylko dwa węzły technologiczne techniką IDEF0, tj. przygotowanie mieszanki surowcowej oraz wypalanie klinkieru.

Operację technologiczną nr 2 z POZIOMU A0 „WYTWARZANIE CEMENTU” (z rys. 5) uszczegółowiono w postaci schematu niższego rzędu (rys. 6). Rysunek 6 reprezentuje POZIOM A2 „PRZYGOTOWANIE MIESZANINY SUROWCOWEJ”.



Rys. 6. Poziom A2 – „Przygotowanie mieszanki surowcowej” ,opracowanie własne

Działanie „Przygotowanie mieszanki surowcowej” składa się z dziewięciu podstawowych etapów reprezentowanych przez kostki o numerach 2.1–2.9. W ramach tego poziomu wyróżnia się następujące działania:

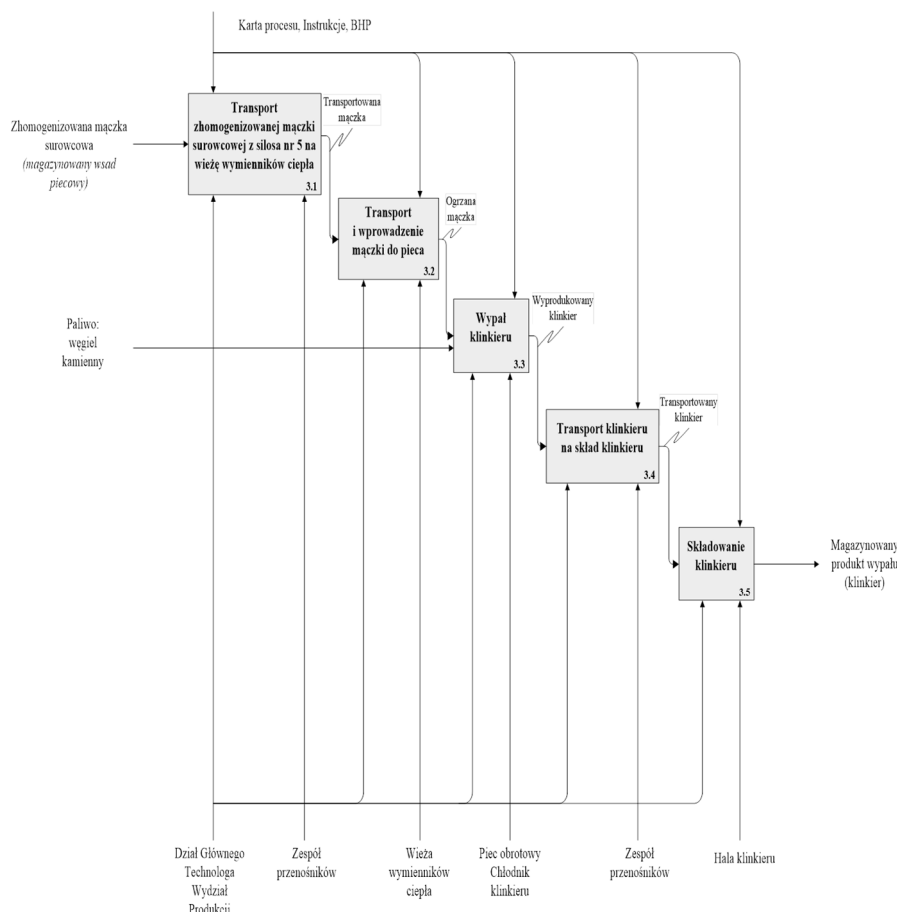
- 2.1 **Transport i dozowanie kamienia ze zbiorników przedmłynowych do młyna surowca** – operacje logistyczne polegające na dostarczeniu surowca do młyna surowca. Surowiec wybierany jest ze zbiorników przedmłynowych surowca i dozowany przez wagi taśmowo-przenośnikowe, a następnie transportowany i wprowadzany do młyna surowca.
- 2.2 **Transport i dozowanie dodatków korekcyjnych ze zbiornika przedmłynowego „Dodatki korekcyjne” do młyna surowca** – operacje logistyczne polegające na dostarczeniu odpowiedniej ilości dodatków korekcyjnych do młyna surowca. Działania wykonywane są analogicznie jak w przypadku działań oznaczonych numerem 2.1.
- 2.3 **Przemiał surowca w młynie surowca** – operacja technologiczna polegająca na zmieleniu wprowadzonych materiałów do postaci mączki surowcowej w młynie surowca.
- 2.4 **Transport mączki surowcowej do separatora** – operacja logistyczna realizowana przy użyciu rynny aeracyjnej i elewatora, której celem jest doprowadzenie mączki surowcowej do separatora.
- 2.5 **Rozdział frakcji** – zadaniem separatora jest oddzielenie, od masy materiału wychodzącego z młyna, ziarn o odpowiednim rozdrobnieniu, które transportowane są następnie do zbiorników homogenizacyjnych. Nadziarno natomiast zwracane jest z separatora do młyna surowca w celu jego dalszego zmielenia.

- 2.6 **Transport mączki surowcowej do zbiorników homogenizacji** – operacja logistyczna polegająca na dostarczeniu mączki surowcowej z separatora, za pomocą przenośników, do zbiorników homogenizacyjnych.
- 2.7 **Homogenizacja mączki surowcowej** – w zbiornikach homogenizacyjnych zachodzi ostateczna korekcja składu mączki i homogenizacja. Jej celem jest uzyskanie jednorodnych właściwości materiału, czyli ostateczne ujednoczenie wsadu piecowego pod względem składu chemicznego (zawartości: CaO, Al₂O₃, SiO₂ i Fe₂O₃).
- 2.8 **Transport zhomogenizowanej mączki do silosa nr 5** – operacja logistyczna polegająca na doprowadzeniu zhomogenizowanej mączki surowcowej ślimakami, elewatorem i rynną aeracyjną do silosa.
- 2.9 **Magazynowanie mączki surowcowej** – operacja logistyczna mająca na celu zmagazynowanie mączki surowcowej (uśrednionej nadawy piecowej), przygotowanej do transportu do linii wypału (na tzw. wieżę wymienników ciepła).

Czynności reprezentowane przez kostki 2.1 i 2.2 zachodzą jednocześnie. Oznacza to, że transport i podanie zarówno kamienia, jak i dodatków do młyna surowca odbywają się równocześnie.

Czynność nr 3 z POZIOMU A0 „WYTWARZANIE CEMENTU” (rys. 5) uszczegółowiono w postaci schematu niższego rzędu (rys. 7). Rysunek 7 reprezentuje POZIOM A3 „WYPALANIE KLINKIERU”. Działanie „Wypalanie klinkieru” składa się z pięciu etapów reprezentowanych przez kostki o numerach 3.1–3.5. W ramach tego poziomu można wyróżnić działania:

- 3.1 **Transport zhomogenizowanej mączki surowcowej z silosa nr 5 na wieżę wymienników ciepła** – celem tej operacji jest dostarczenie, przy użyciu zespołu przenośników i urządzenia ważaco-dozującego, ujednoczonego wsadu piecowego (zhomogenizowanej mączki surowcowej) na wieżę cyklonowych wymienników ciepła pomiędzy 1 i 2 stopień .
- 3.2 **Transport i wprowadzenie mączki do pieca** – doprowadzona do cyklonowych wymienników ciepła mączka jest ogrzewana gazami z pieca obrotowego, a następnie wprowadzana do wlotu pieca obrotowego, gdzie następuje kolejna operacja technologiczna – wypalanie klinkieru (patrz niżej).
- 3.3 **Wypał klinkieru** – wypalanie klinkieru prowadzone jest w piecu obrotowym. Proces ten polega na przekształceniu wprowadzanego materiału (mączki surowcowej), pod wpływem wysokiej temperatury (ok. 2200 K), w klinkier. Piec opalany jest pyłem węglowym, przygotowanym w młynie węgla. Z pieca gorący klinkier wpada do chłodnika, gdzie jest schładzany do temp. ok. 350 K.
- 3.4 **Transport klinkieru na skład klinkieru** – za pomocą zespołu przenośników schłodzony klinkier transportowany jest do hali klinkieru (pojemność 18 000 ton).
- 3.5 **Składowanie klinkieru** – operacja logistyczna polegająca na magazynowaniu wyprodukowanego klinkieru na hali klinkieru.



Rys.7. Poziom A3 – „Wypalanie klinkieru”, opracowanie własne

3. Podsumowanie

Przedstawiona w artykule metoda IDEF0 pozwoliła szczegółowo i precyzyjnie odzwierciedlić część analizowanego procesu. Przedstawienie przedmiotu działalności cementowni tą techniką daje wiele korzyści. Po pierwsze model IDEF0 pozwolił udokumentować oraz przedstawić, na odpowiednim poziomie szczegółowości, podstawową działalność badanego zakładu cementowego. Po drugie, dostarcza informacji na temat tego, jak poszczególne operacje technologiczne i logistyczne zależą od siebie oraz jaka jest kolejność wykonywanych działań. Po trzecie, pozwala na szybkie rozpoznanie działań tworzących lub nietworzących wartości dodanej. Jednocześnie technika IDEF0 jest narzędziem wspomagającym dialog pomiędzy pracownikami różnych Komórek Organizacyjnych w cementowni. Ponadto, prostota i łatwość w użyciu pozwala na szybkie poznanie i przyswojenie procesu przez nowo zatrudnionych pracowników, redukując przy tym jednocześnie ich wysiłek i poświęcony czas na szkolenie. Podsumowując powyższe

zalety tej metody, można sformułować jeden uogólniony wniosek. Przede wszystkim zaletą metody IDEF0 jest uchwycenie w graficzny sposób procesu wytwarzania cementu, co pozwala na łatwiejsze jego zrozumienie.

Literatura

1. Durlik I.: Inżynieria zarządzania: strategia i projektowanie systemów produkcyjnych. Cz. 1. Strategie organizacji produkcji, nowe koncepcje zarządzania. Wyd. 7 uzup. Placet – Agencja Wydaw., Warszawa, 2004.
2. Ficoń K.: Żarys mikrologistyki. Bel Studio – Sp., Warszawa-Gdynia, 2004.
3. Michłowicz E.: Podstawy logistyki przemysłowej. Wyd. AGH, Kraków, 2002.
4. Kulińska E.: Podstawy logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw: podręcznik akademicki [Politechnika Opolska. Wydział Edukacji Technicznej i Informatycznej. Akademicki Inkubator Przedsiębiorczości]. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej. Akademicki Inkubator Przedsiębiorczości, Opole, 2009.
5. Ulan A.; Monitoring przebiegu operacji logistycznych na przykładzie cementowni, praca dyplomowa, Politechnika Opolska, WIPiL, 2013.
6. http://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&ved=0CEMQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.okulewicz.republika.pl%2Fmaterialy%2FMethody_IDEF.ppt&ei=pzt0UZeRCTP4QSYpYGIAw&usg=AFQjCNFOXGX5PB6lplEJ78EntnWWlvH4aA&bvm=bv.45512109,d.Ys [dostęp 26.04.2013]
7. http://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&ved=0CEsQFjAD&url=http%3A%2F%2Famber.zarz.agh.edu.pl%2Famaciol%2FKompletr%255C8.AiPSZBPMN%2520i%2520inne%2520metody.ppt&ei=pzt0UZeRCTP4QSYpYGIAw&usg=AFQjCNF9lrShVhD4__I2fgNpYAmuRuqQQ&bvm=bv.45512109,d.Yms [dostęp 26.04.2013]
8. <http://stud.ics.p.lodz.pl/~aangiel/Semestr%205/informatyzacja.pdf> [dostęp 20.11.2013]
9. Duda J.: Energooszczędne i proekologiczne techniki wypalania klinkieru cementowego. „Prace Instytutu Mineralnych Materiałów Budowlanych w Opolu”, 2004. Wyd. spec.

Mgr inż. Aleksandra ULAN
e-mail: aleksandra.ulan@gmail.com

Mgr inż. Joanna SITKOWSKA
Cementownia „ODRA” S.A. – Technolog
e-mail: jsitkowska@odrasa.com.pl

Dr hab. inż. Jerzy DUDA, prof. PO
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów
Politechnika Opolska
45-370 Opole, Ozimska 75
tel. (0-77) 423 40 44
e-mail: j.duda@po.opole.pl