

Cement jest to spoiwo hydrauliczne, tj. drobno zmielony materiał nieorganiczny, który po zmieszaniu z wodą wiąże i twardnieje w wyniku reakcji i procesów hydratacji, a po stwardnieniu pozostaje wytrzymały i trwały, zarówno w powietrzu, jak i w wodzie. Jest najpowszechniej stosowanym spoiwem w produkcji betonu – podstawowym materiałem budowlanym w światowym budownictwie.

Produkcja cementu to złożony proces przemysłowy (rys. 1), na który składa się 5 głównych operacji technologicznych:

- wydobycie surowców (rozkruszanie i transport),
- obróbka surowców (składowanie, homogenizacja, suszenie, mielenie),
- wypalanie klinkieru,
- mielenie cementu,
- przechowywanie, pakowanie i wysyłka cementu.

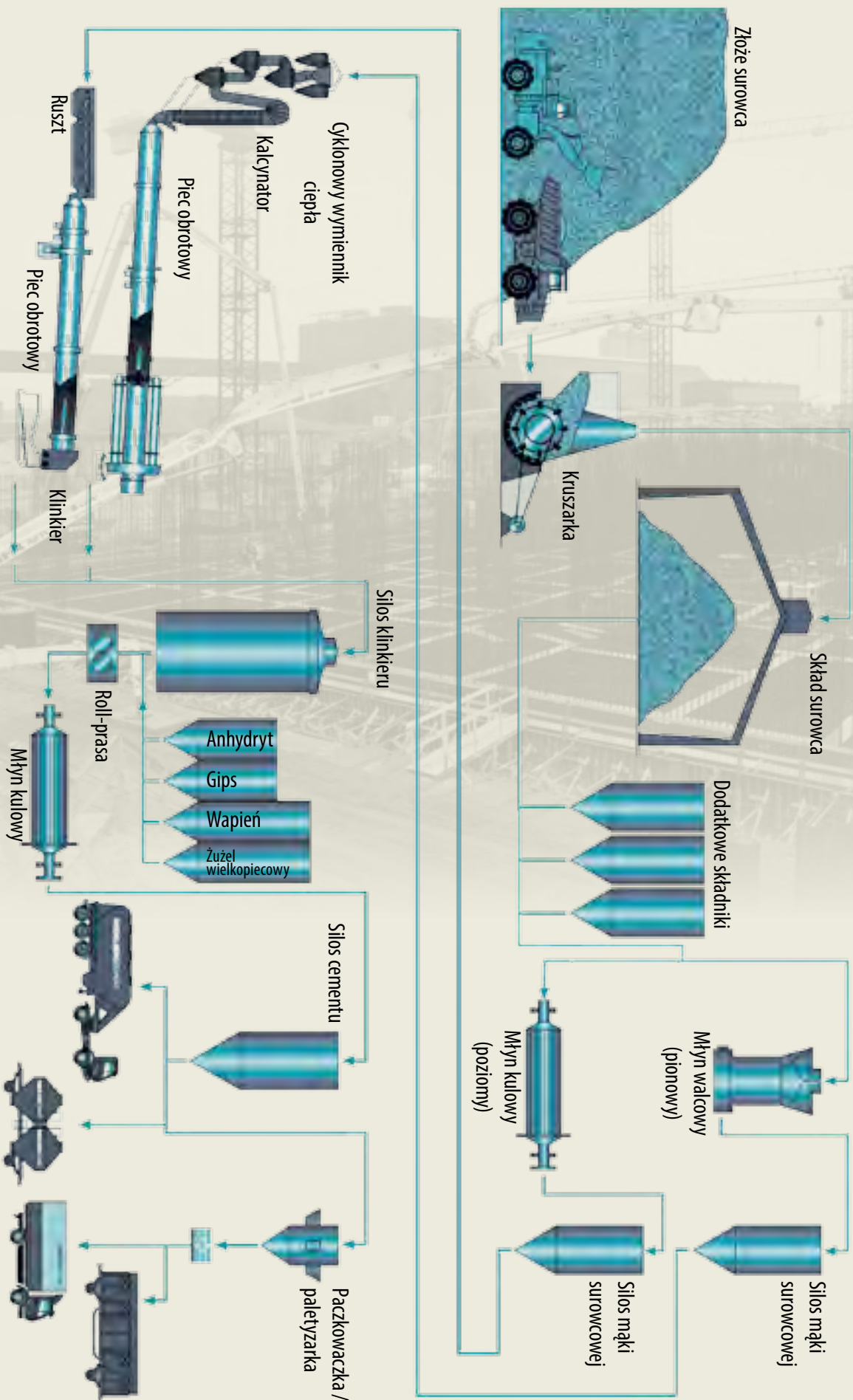
Współcześnie dominuje sucha metoda produkcji klinkieru cementowego – podstawowego składnika cementu. W metodzie tej, homogenizacja surowca następuje w specjalnym mieszalniku, ruchem wymuszonym pod wpływem sprężonego powietrza.

Surowcami do produkcji klinkieru cementowego są kopaliny naturalne, takie jak:

- wapień,
- wapień marglisty,
- margiel,
- glina.

Są to surowce zasobne w nośniki tlenków CaO , SiO_2 oraz zawierające znaczne ilości Al_2O_3 i Fe_2O_3 . Do korekcji składu surowcowego wykorzystuje się także łupek, pucolony, surowce żelazonośne, piasek, a także surowce odpadowe z innych gałęzi przemysłu: żużel hutniczy, popioły lotne, pyły wielkopieczowe, wysiewki sydereytowe.

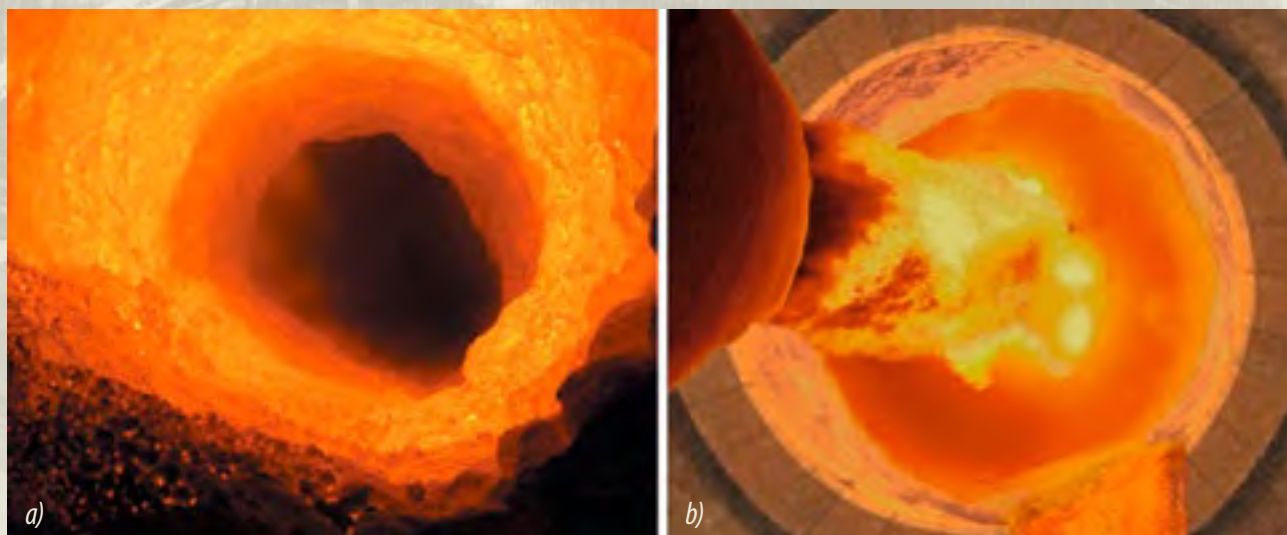




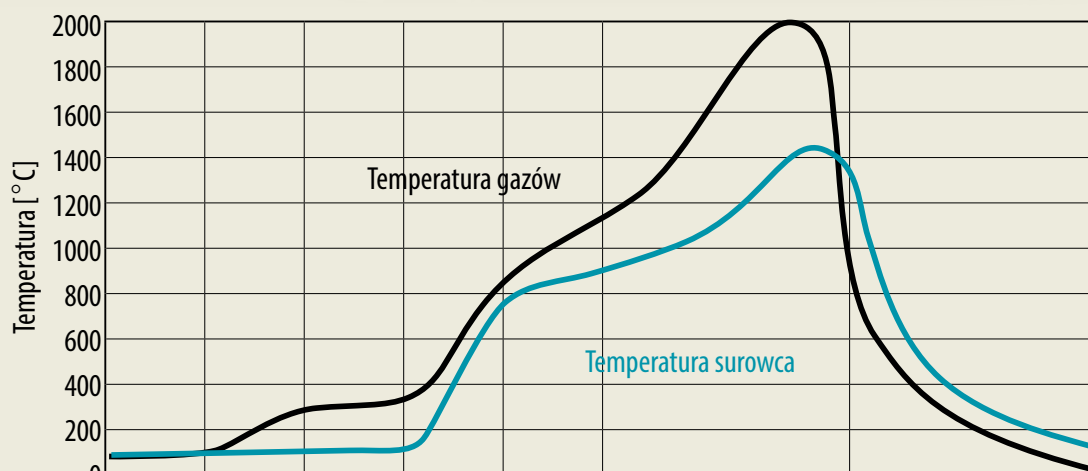
Rys. 1. Schemat produkcji cementu

Przygotowanie zestawu surowcowego do wypału klinkieru portlandzkiego jest jedną z ważniejszych operacji w całym procesie technologicznym produkcji cementu. Utrzymanie zadanego, stałego składu mąki surowcowej jest podstawą otrzymania dobrego półproduktu - klinkieru portlandzkiego. W pierwszej kolejności należy zestawić w odpowiednich proporcjach surowce, które po bardzo drobnym zmieleniu i uśrednieniu (homogenizacji), przechodzą przez układ pogrzewaczy (cyklonowych wymienników ciepła), po czym trafiają do pieca, gdzie następuje spiekanie, w efekcie uzyskuje się klinkier cementowy (w postaci twardych spieczonych grudek).

Proces wypału mąki surowcowej prowadzi się w piecu obrotowym. W strefie spiekania temperatura surowca osiąga 1450°C (rys. 2a), temperatura płomienia i gazów sięga blisko 2000°C (rys. 2b). Materiał w strefie wysokich temperatur (powyżej 800°C) przebywa, w zależności od konstrukcji pieca, ok. 30 minut (rys. 3). Klinkier cementowy na wyjściu z pieca ma temperaturę ok. 900÷1300°C. Następnie poddawany jest intensywnemu chłodzeniu do temperatury ok. 100°C.



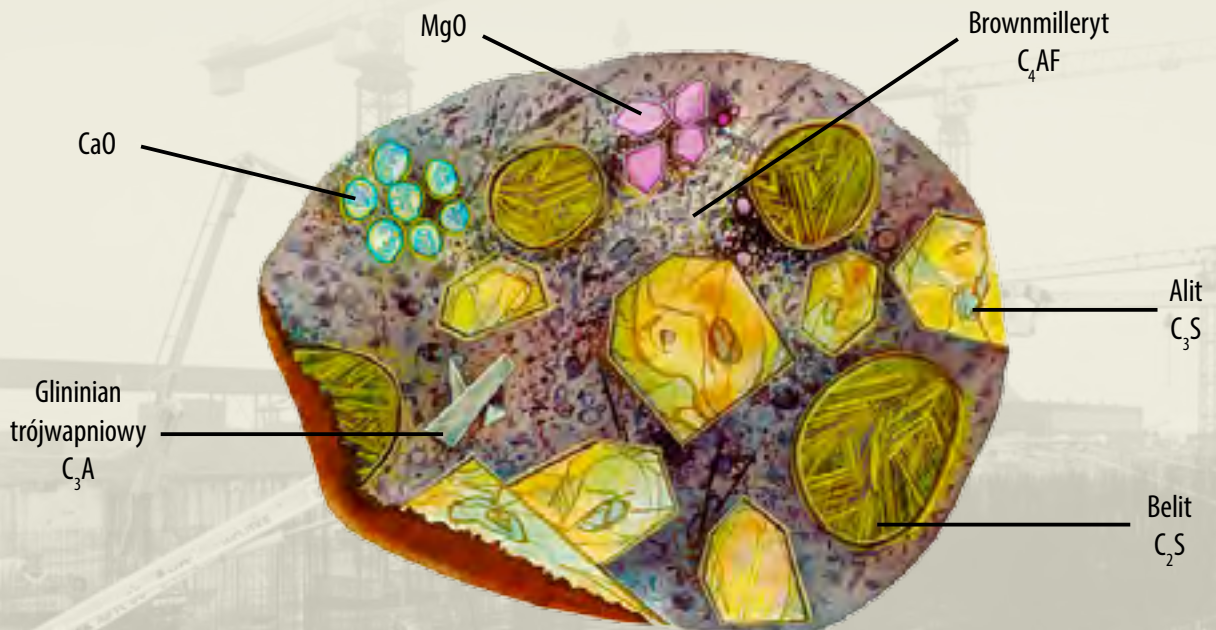
Rys. 2. Widok wnętrza pieca cementowego a) widok na surowiec, b) widok na palnik



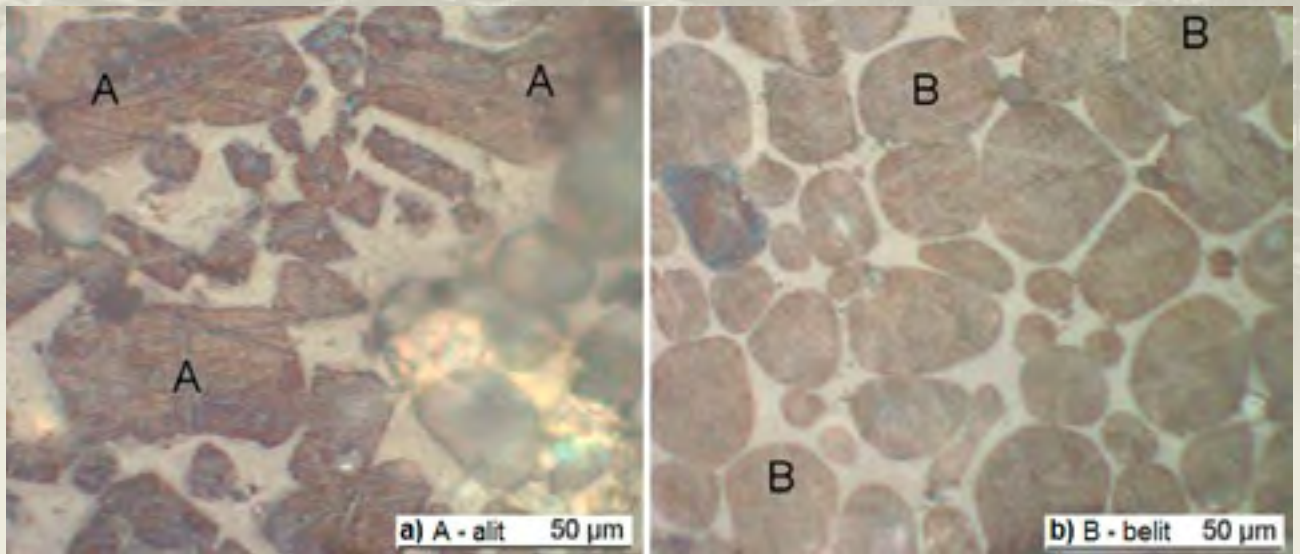
Wyposażenie	Filtr	Młyn surowca	Wymienniki	Podzewacz	Pre-kalcynator	Piec obrotowy	Chłodnik
Czas pozostawania gazów	ok. 15 s	ok. 2 s	ok. 10 s	ok. 10 s	ok. 3 s	ok. 10 s	ok. 1 s
Czas pozostawania surowca	60s-30min	30s-30min		ok. 50 s	ok. 5 s	ok. 30 min	ok. 30 min

Rys. 3. Temperatura gazów i czas przebywania materiału i gazów w piecu cementowym

Wypalony klinkier portlandzki, zawierający cztery podstawowe fazy klinkierowe (rys. 4, 5), nazwy i wzory chemiczne zamieszczono w tabeli 1.



Rys. 4. Obrazowe przedstawienie przekroju poprzecznego ziarna klinkieru portlandzkiego

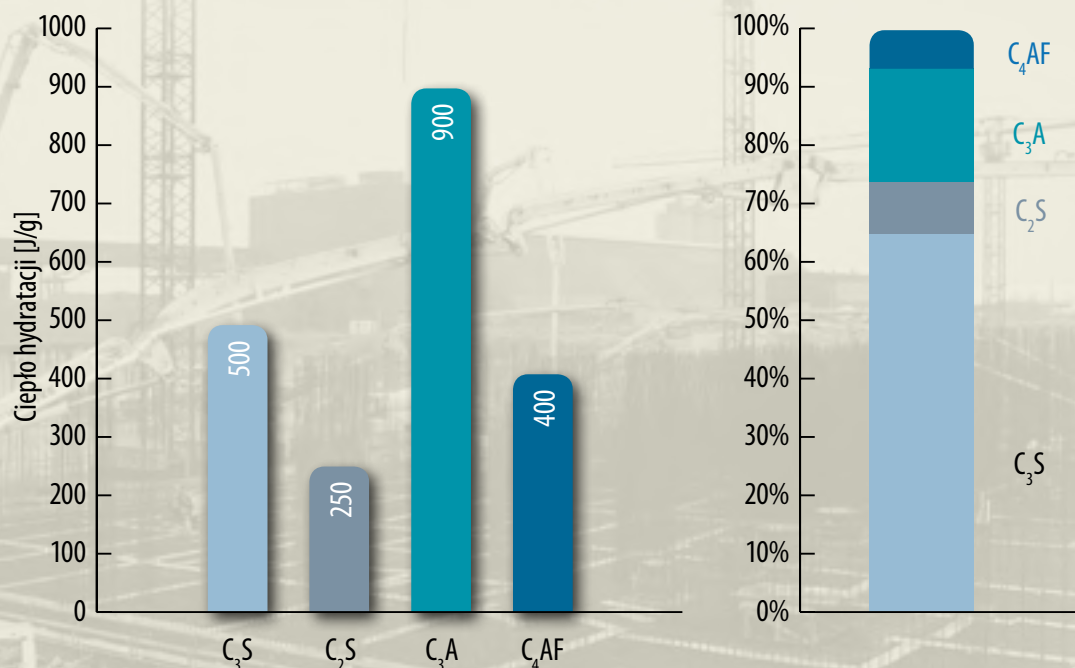


Rys. 5. Mikrostruktura ziarna klinkieru portlandzkiego a) wyraźnie ukształtowane kryształy alitu, b) zaokrąglone kryształy belitu (zdjęcia z mikroskopu optycznego)

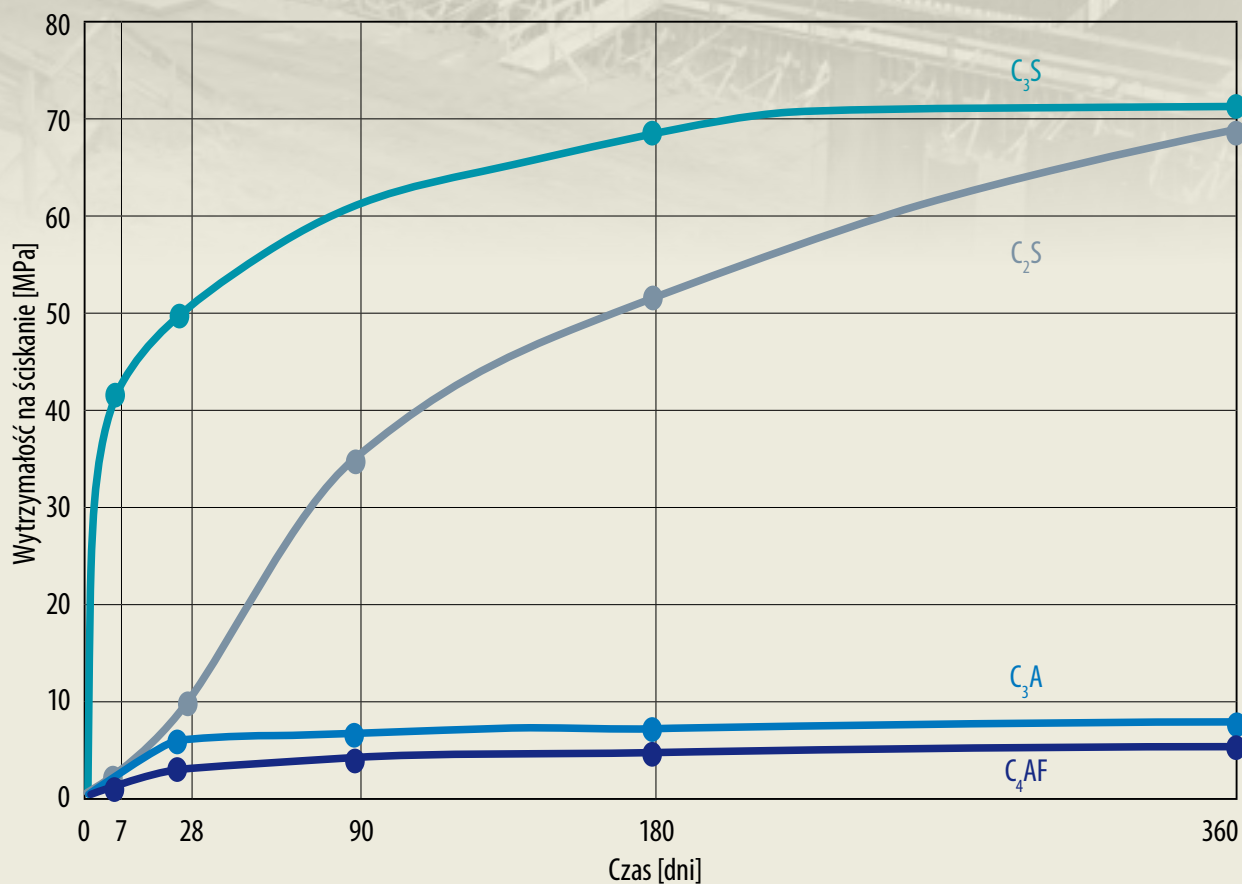
Tabela 1. Główne składniki mineralne (fazowe) klinkieru portlandzkiego.

Nazwa	Wzór chemiczny	Zapis skrótowy
Alit (krzemian trójwapniowy)	$3CaO \cdot SiO_2$	C_3S
Belit (krzemian dwuwapniowy)	$2CaO \cdot SiO_2$	C_2S
Glinian trójwapniowy	$3CaO \cdot Al_2O_3$	C_3A
Brownmilleryt (żelazoglinian czterowapniowy)	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF
CaO - C, Al_2O_3 - A, SiO_2 - S, Fe_2O_3 - F		

Zawartość poszczególnych faz klinkierowych ma wpływ na przebieg procesu hydratacji. Reakcja cementu (klinkieru) z wodą ma charakter egzotermiczny, tzn. przebiega z wydzieleniem znacznych ilości ciepła. O wielkości sumarycznego efektu cieplnego decyduje udział alitu i glinianu trójwapiennego (rys. 6). Alit i belit są fazami odpowiadającymi za narastanie wytrzymałości (rys. 7). We wczesnym okresie hydratacji, z uwagi na wytrzymałość, kluczowa jest obecność alitu, o wytrzymałości w dłuższym okresie czasu decyduje z kolei zawartość belitu. W składzie klinkieru, w ilościach niewielkich lub śladowych, obecne mogą być także składniki mineralne, tj.: wolne wapno (CaO_w), peryklaz (MgO), siarczany alkaliczne (Na_2SO_4 , K_2SO_4).



Rys. 6. Wpływ poszczególnych faz klinkierowych na ciepło hydratacji



Rys. 7. Wpływ poszczególnych faz klinkierowych na wytrzymałość na ściskanie

Klinkier, po ostudzeniu, mieli się w młynie kulowym lub pionowym, z dodatkiem, najczęściej gipsu ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), jako regulatora czasu wiązania, na bardzo drobny proszek. Produktem jest cement portlandzki CEM I.

Możliwe jest również wprowadzenie do składu cementu innych składników głównych, poza klinkierem portlandzkim, tj.:

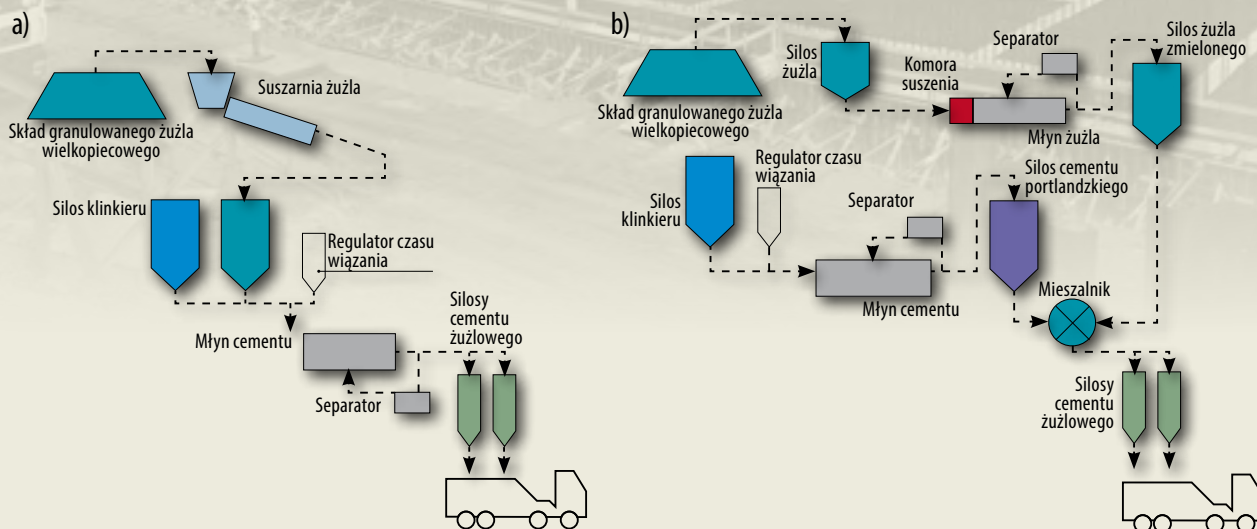
- granulowanego żużla wielkopiecowego,
- pucolany (naturalnej, naturalnej wypalanej),
- popiołów lotnych (krzemionkowych, wapiennych),
- łupka palonego,
- wapienia,
- pyłu krzemionkowego.

Produktem są cementy: portlandzkie wieloskładnikowe CEM II, hutnicze CEM IV, pucolanowe CEM IV lub wieloskładnikowe CEM V.

Cementy wieloskładnikowe można produkować dwiema metodami, przez wspólny przemiał lub mieszanie składników. Na rys. 8 przedstawiono schemat produkcji cementu zawierającego granulowany żużel wielkopiecowy jako składnik główny.



Końcowy produkt – cement – jest magazynowany w silosach cementowych, a następnie transportowany na stanowisko pakowania (do worków) lub wysyłany luzem (cementowozy, wagony kolejowe) do odbiorców końcowych.



Rys. 8. Schemat produkcji cementu żużlowego a) metoda wspólnego przemiału składników, b) w układzie susząco-mielącym z mieszalnikiem



Rys. 9. Cementy workowane w ofercie Górażdże Cement S.A.