

Selected methods and quality control points in the cement industry

Wybrane metody i punkty kontroli jakości w przemyśle cementowym

Małgorzata Szczęsna¹, Dorota Klimecka-Tatar²

¹Członek Koła Naukowego „Promotor Jakości”, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, Al. Armii Krajowej 19b, 42-200 Częstochowa, Polska, gosia47@vp.pl

²Katedra Inżynierii Produkcji i Bezpieczeństwa, Politechnika Częstochowska, Al. Armii Krajowej 19b, 42-200 Częstochowa, Polska, klimt@wip.pcz.pl

Abstract: The purpose of the article is to present the control factors and product control points at the stage of the production process. The paper presents methods of sampling raw materials and cement material and presents the scope of legal provisions classifying cement products in relation to tabular strength data.

Streszczenie: Celem artykułu jest przedstawienie czynników kontroli oraz punktów kontroli wyrobów na etapie procesu produkcyjnego. W pracy zaprezentowano metody pobierania próbek surowców i materiału cementowego oraz przedstawiono zakres zapisów prawnych klasyfikujących wyroby cementowe w odniesieniu do tabelarycznych danych wytrzymałościowych.

Key words: quality, sampling, control methods, cement

Słowa kluczowe: jakość, pobór próbek, metody kontroli, cement

1. Wstęp

Jakość w dzisiejszych czasach jest stawiana na pierwszym miejscu. Opisywana już była w dawnych latach. Niektóre definicje jakości opierały się na zgodności z wymaganiami, przydatności do użytkowania [1]. Norma PN-EN ISO 9000 mówi o tym, że jakość to stopień, w jakim zbiór inherentnych właściwości spełnia wymagania [2], a wymaganie jest to potrzeba lub oczekiwanie, które zostało ustalone, przyjęte zwyczajowo lub jest obowiązkowe. Jakość rozumiana jest jako zespół cech stanowiących o tym, żądany przedmiot, wyrób, usługa, obiekt odpowiada wymaganiom oceniającego [3]. Konkurencja na rynku jest bardzo duża przedsiębiorstwa muszą zapewnić klientom towar najwyższej jakości i w odpowiedniej cenie. Wyróżnia się 5 typów jakości: jakość projektową - produktu, jakość projektową procesów w realizacji, jakość wykonania, jakość eksploatacyjna, jakość serwisową [4]. Aby uzyskać odpowiednią jakość należy prowadzić proces produkcyjny, w taki sposób, aby nie występowały problemy związane z powstawaniem niezgodnego produktu z określonymi wymaganiami. Bardzo istotną rolę jest kontrola – odbywa się ona na poszczególnych etapach procesu wytwarzania. Zbierane są informacje, dane, za pomocą, których zakład może regulować proces w taki sposób, aby uniknąć produktów niezgodnych.

2. Metody kontroli cementu

Proces kontroli to trzy odrębne kroki: pomiar rzeczywistego działania, porównanie wyniku z określonym standardem, jak i podjęcie działań korygujących, aby skorygować ewentualne odchylenie. Pomiar dokonywany jest poprzez wykorzystanie czterech źródeł informacji takich jak: osobista obserwacja, statystyki, analizy ustne oraz pisemne [5]. Normy przewidują badanie cementu pod względem: czasu wiązania, zmiany objętości, stopnia rozdrobnienia, powierzchni właściwej, skurczu, wytrzymałości na ściskanie [6], straty przy wyżarzaniu, zawartości części nierozpuszczalnych w kwasie solnym, zawartości siarczanów, zawartości MgO oraz zawartości Cl. Ważną rolę odgrywa również prawidłowa eksploatacja maszyn. W fabrykach nowoczesnych maszyny i urządzenia są wyposażone w aparaturę pomiarową, operator w każdej chwili może sprawdzić zestaw danych liczbowych, które opisują stan w danej chwili procesu [7]. Kontrola cementu jest bardzo istotna, czego dowodem jest fakt, że o właściwościach wyrobów decydują zapisy w standardach - normy:

- Cement. Badanie cech fizycznych, PN/B-04301,
- Cement portlandzki. Analiza chemiczna, PN/B-04302,

– Cement. Badanie cech wytrzymałościowych.

Jakość pozostałych materiałów bada się przy wykorzystaniu metod zapisanych w instrukcjach dla przemysłu cementowego oraz w normach resortowych.

2.1. Kryteria oceny surowców

O ocenie złóż, poza składem chemicznym i właściwościami fizycznymi samego surowca decyduje również zespół ogólnych czynników. Należą do nich: równomierność surowca, grubość nakładu, zjawiska krasowe, zawodnienie złoża, eksploatacji złoża i koszty surowca zależą od wyżej wymienionych czynników. Zakres kosztów związanych z urabianiem i transportowaniem surowca określa grubość nakładu, zaś stopień zawodnienia przedstawia potrzebę pompowania wody i jej ilość. Istotna jest równomierna jakość złoża, która nie wymaga eksploatacji selektywnej niektórych nierównomiernych odcinków ścian oraz zastosowania wstępnej homogenizacji wydobytego surowca. Występowanie nierównomiernego złoża wiąże się z kosztami pracy dodatkowych maszyn urabiających oraz transportowych do wywożenia materiału na hałdy, powiększając tym samym ilość wydobytego surowca na jednostkę produktu.

2.2. Ogólne zasady przeprowadzania kontroli technicznej

Kontrola techniczna systematycznie przeprowadzana podczas całego procesu technologicznego pełni zadanie zapewnienia dobrej jakości wyrobu pod względem jego rodzaju oraz założonej marki. Aby dobrze spełnić to zadanie kontrola techniczna jest zobowiązana do badania jakości nie tylko gotowego wyrobu, ale również stałej kontroli jakości surowców, półproduktów, dodatków pomocniczych, jak również sprawdzanie prawidłowości pracy każdego z agregatów produkcyjnych.

W cementownictwie polskim kontrola techniczna oparta jest głównie na dokładnie opracowanych i ogłoszonych polskich normach, metodach badania produktu wyjściowego - cementu, oraz na przepisach kontroli międzyoperacyjnej ustalonych w resortowych normach i na zamieszczonych w kartach technologicznych sposobach kontrolowania pracy poszczególnych urządzeń wytwórczych.

2.3. Kontrola jakości cementu i pobieranie próbek

Laboratorium przyzakładowe w opisywanej cementowni jest działem, w którym przeprowadza się kontrole techniczną. Zakres pracy tego działu to przede wszystkim pobieranie próbek materiałów i wykonywanie przepisanych badan. Wyniki poszczególnych badan służą kierownictwu laboratorium do ustalenia parametrów procesu technologicznego jakimi są m.in.: ustalenie składu mieszaniny surowcowej oraz ilości gipsu czy też proporcji innych dodatków do cementu. Dział kontroli technicznej w firmie biorąc pod uwagę wyniki otrzymane z laboratorium pozwala na wysyłkę poszczególnych partii gotowego cementu oraz wystawia jakościowe zaświadczenia. Wydział produkcji również posługuje się wynikami z badań co pomaga w ustawianiu pracy urządzeń produkcyjnych (np. palacz w oparciu o wyniki badania klinkieru wychodzącego z pieca zmniejsza lub zwiększa temperaturę wypału, młynarz zaś w zależności od wyników badania szlamu ujmuje lub dodaje ilość materiału ewentualnie wody podawanej do młyna surowcowego). Dobrze funkcjonująca i zorganizowana kontrola techniczna polega głównie na dokładnym, odpowiedzialnym i szybkim wykonywaniu badan przez laboratorium i na sprawnej jego współpracy z innymi działami zakładu.

Najistotniejszym czynnikiem, który ma wpływ na jakość badanej kontroli jest prawidłowe pobieranie próbek materiałów prze-

znaczonych do badania. Metody pobierania próbek cementu do kontroli zapisane są w normie: PN/B-06000 „Cement. Pobieranie próbek”. Zasady pobierania próbek innych materiałów tj. surowców, żużla, węgla czy gipsu opisane są w resortowych normach dla kontroli międzyoperacyjnej. Biorąc różne warunki pracy w cementowniach dane z norm resortowych mogą być wytycznymi dla opracowania indywidualnych, szczegółowych przepisów, które zawierają metodę produkcji, charakterystykę złoża surowcowego oraz rodzaj agregatów produkcyjnych.

2.4. Punkty kontroli

Kontroli powinny być poddane wszystkie materiały używane do produkcji jak również wszystkie etapy procesu technologicznego.

Kontrola w kamieniołomie polega na ciągłej analizie jakości surowca. Próbkę pobiera się najczęściej po przywiezieniu do zakładu. W próbkach jednostkowych pobieranych co około 3 godz., oznacza się wilgoć oraz zawartość węglanu wapniowego (CaCO_3); natomiast w próbkach średnich robionych z próbek jednostkowych pobranych w ciągu kilku lub kilkunastu dni poddaje się całkowitej analizie chemicznej.

Na wydziale przygotowania surowca kontrola to wykonanie chemicznego badania surowca, mieszaniny surowcowej i określenie prawidłowości pracy łamaczy jak i młynów surowcowych. W produkcji poprzez metodę mokrą próbki pobiera się przy wyjściu szlamu z młyna, z basenów korekcyjnych i zapasowych. Zawartość wody, stopień zmielenia oraz zawartość węglanu wapniowego oznacza się w próbkach szlamu z młyna. Poprzez badanie plastyczności szlamu reguluje się poziom dolewania wody.

Przy suchej metodzie wytwarzania cementu pobierane są próbki mączki surowcowej i badana jest ona pod względem wilgoci oraz zawartości koksiku dodanego przed formowaniem masy.

W celu wykonania pełnej analizy chemicznej, co jakiś czas sporządzane są średnie próbki ze szlamu i mączki surowcowej.

Kontrola pracy łamaczy polega na pomiarze wielkości wychodzących z nich bryłek łamanego materiału. Prace młynów bada się stale na podstawie wyników analizy stopnia zmielenia. Ważnym etapem w jakości produkowanego cementu jest kontrola w oddziale surowcowym, zatem musi być wykonywana starannie i sumiennie.

Na wydziale przygotowania paliwa do produkcji sprawdzana jest jakość dostarczanego węgla, łupka, paliw alternatywnych oraz praca suszarni i młynów węgla. Próbkę jednostkowe paliwa pobierane są przy rozładowaniu wagonów, czy samochodów i oznacza się zawartość wilgoci, popiołu części lotnych, natomiast na podstawie próbki średniej pobieranej z całkowitej partii paliwa, wyznaczana jest wartość opałowa. Dzięki sumiennemu badaniu jakości paliwa w zakładzie występuje racjonalna i oszczędna gospodarkę cieplną.

Kontroli również podlega mączka surowcowa lub szlam, który wchodzi do pieca obrotowego, który wypala klinkier jak również analizie podlega materiał wychodzący z pieca. W podanych próbkach wyznacza się zawartość wilgoci, zawartość CaCO_3 , stopień zmielenia i oraz bada się również ciężar 1 litra szlamu. Zaś w pyle węglowym określana jest zawartość wilgoci, stopień zmielenia, ilość popiołu, części lotnych oraz okresowo z średniej próbki wartość opałowa.

Tabela 1. Właściwości wytrzymałościowe mechaniczne i fizyczne

Klasa	Wytrzymałość na ściskanie, MPa				Czas wiązania		Stałość objętości mm
	wczesna		normowa		Początek min	Koniec h	
	2 dni	7 dni	28 dni				
			minimalna	maksymalna			
1	2	3	4	5	6	7	8
32,5	-	≥16	≥32,5	≤52,5	≥60	≤12	≤10
32,5 R	≥10	-					
42,5	≥10	-					
42,5 R	≥20	-	≥42,5	≤62,5			
52,5	≥20	-	≥52,5	-	≥45	≤10	
52,5 R	≥30	-					

Symbol R jest wyróżnikiem klasy o wysokiej wytrzymałości wczesnej

Tabela 2. Właściwości chemiczne cementu

Właściwości	Metoda badania	Rodzaj cementu	Klasy	Wymagania
1	2	3	4	5
Strata prażenia	PN-EN 196-2	CEM I CEM III	wszystkie	≤5,0 %
Pozostałość nierozpuszczalna	PN-EN 196-2	CEM I CEM III	wszystkie	≤5,0 %
Siarczany (jako SO ₃)	PN-EN 196-2	CEM I CEM II CEM IV	32,5 32,5 R 42,5	≤3,5 %
			42,5 R 52,5 52,5 R	≤4,0 %
Chlorki	PN-EN 196-21	CEM III	wszystkie	≤0,10 %
		wszystkie	wszystkie	
Alkalia(jako Na ₂ O)	PN-EN 196-21	wszystkie	wszystkie	≤0,60 %
Pucolanowość	PN-EN 196-5	CEM IV i V	wszystkie	Wynik pozytywny

Stała obserwacja i badanie klinkieru jest ważna do określenia parametrów technologicznych wypału w piecu. Co 1 godzinne kontroluje się ciężar 1 litra klinkieru o granulacji od 3 do 7 mm. Badanie polega na przesianiu przez odpowiednie sита próbki klinkieru pobranego z pieca. W laboratorium materiał przemiela się w młynku laboratoryjnym klinkieru i wyznacza się zmianę objętości wytrzymałości, ponadto wykonuje się analizę chemiczną pod względem wolnego wapna. Do kontroli pracy pieca wchodzi wykonanie badania gazów wylotowych oraz badanie sił ciągu w komorze kurzowej pieca. Poniższa tabela przedstawia właściwości wytrzymałościowe mechaniczne i fizyczne.

Proces wypalania klinkieru w piecach szybowych kontroluje się poprzez pobieranie próbek kształtek wprowadzanych do pieca (wykonanych z mączki surowej, koksiku i wody) jak i również próbki wychodzącego z pieca klinkieru. Oznacza się tutaj wilgoć, zawartość koksiku oraz CaCO₃. W młynku laboratoryjnym mielony jest klinkier w którym badane są cech fizyczne wytrzymałościowe i wykonuje się całkowitą analizę chemiczną. Należy okresowo sprawdzić ilość zaabsorbowanego popiołu w klinkierze poprzez analizę chemiczną równocześnie pobranych próbek klinkieru, mieszaniny surowcowej i popiołu paliwa.

Czas wiązania, stopień zmielenia oraz zmianę objętości sprawdza się w określonych odstępach czasu z każdego młyna w oddziale przemiału cementu. Badania te mają na celu sprawdzenie

pracy młyna jak i ustalenie dozowania gipsu czy też dodatków do klinkieru. Powyższe cechy określone są z próbek cementu pobieranych z przenośnika podającego cement do silosu magazynującego, wykonuje się również badanie cech wytrzymałościowych i chemicznych (oznaczenie zawartości SO₃) średniej próbki, zrobionej z próbek pobranych w przeciągu 1 doby.

Pakowanie cementu jest końcowym etapem procesu technologicznego podlegający kontroli. Próbkę pobiera się z każdej partii wysyłanego cementu w czasie kiedy jest on pakowany automatycznie do worków. Na cechy fizyczne, chemiczne i wytrzymałościowe badana jest średnia próbka z całej partii według ścisłych metod podanych w Polskich Normach.

Sprawdzaniem prawidłowości przebiegu całego procesu technologicznego oraz opracowaniem zaświadczenia o jakości cementu są wyniki badan gotowego wyrobu i przeznaczonego do wysyłki.

Wartości są podane w procentach masy gotowego cementu. Wymaganie dotyczy tylko cementów uznanych za niskoalkaliczne ze względu na małą zawartość alkaliów. Cement hutniczy CEM III/A, zawierający co najmniej 50 % żuźla wielkopieczowego, może zawierać do 1,10 % alkaliów. Cement hutniczy CEM III/B może zawierać do 2 % alkaliów.

Podczas pakowania badana jest temperatura cementu, która nie może przekroczyć 130°C worka papierowego, kontrolowany

jest także ciężar 1 worka, który nie powinien przekroczyć 25 kg \pm 2 kg.

Podany powyżej przebieg kontroli technicznej zawiera najważniejsze etapy próbek w przemyśle cementowym. Nie wyczerpuje on wszystkich sposobów oraz czynności połączonych z określeniem jakości materiałów i pracy maszyn. Większość zakładów cementowych określa indywidualne zasady pobierania i badania próbek w zależności od produkowanego rodzaju cementu, metody produkcji oraz dyspozycyjności maszyn i urządzeń.

3. Podsumowanie

Proces wytwarzania cementu jest skomplikowany i wymaga odpowiedniej precyzji w dozowaniu surowców, materiałów na każdym etapie produkcji. Poprzez sumienną kontrolę możemy uniknąć błędów dotyczących powstania cementu niezgodnego z wymaganiami norm. Dzięki tym normom zakład posiada odpowiednie wzory, wartości liczbowe, dane, za pomocą których porównuje swoje wartości uzyskane podczas kontroli. Każda Cementownia może prowadzić kontrolę w inny sposób, najważniejszy jest efekt końcowy, czyli gotowy cement z konkretnymi właściwościami. Większość zakładów cementowych zmieniła już technologię na metodę suchą, co wymagało ustawienia całego procesu na nowo jak również kontroli. Wprowadzenie i rozpowszechnianie nowej technologii wytwarzania cementu (metody suchej) spowo-

dowało, że należało znormalizować produkt, poprzez zapisy normatywne, które umożliwiają standaryzację cech produktu, a w konsekwencji reguluje działania rynku cementowego również w zakresie konkurencyjności i ceny.

Literatura

- [1] Łunarski J.: Zarządzanie jakością standardy i zasady, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008
- [2] Norma PN-EN ISO 9000
- [3] Durlik I.: Inżynieria zarządzania cz.1, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2007
- [4] Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie jakością teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006
- [5] Robbins Stephen P., DeCenzo David A.: Podstawy zarządzania, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2002
- [6] Dondelewski H., Januszewski M.: Betony cementowe zagadnienia wybrane, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa, 2008
- [7] Kurdowski K.: Poradnik technologa przemysłu cementowego, Arkady, Warszawa 1981
- [8] Jamroży Z.: Beton i jego technologie, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006
- [9] Redakcja naukowa Andrzej K. Koźmiński, Włodzimierz Piotrowski, Zarządzanie Teoria I praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007