

dr inż. Henryk Szela<sup>1\*)</sup>  
mgr inż. Tomasz Foszcz<sup>1)</sup>

# Analiza rodzajów i skutków wad badania właściwości fizycznych cementów powszechnego użytku

## *Analysis of sorts and consequences of defects in research of physical properties of common cements*

DOI: 10.15199/33.2019.05.15

**Streszczenie.** W artykule podjęto próbę analizy rodzajów i skutków wad (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*) podczas badań fizycznych cementu powszechnego użytku wykonywanych zgodnie z wytycznymi serii norm PN-EN 196. Umożliwiła ona wytypowanie obszarów o wysokim stopniu ryzyka, na etapie których wystąpienie błędu dało podstawy do podważenia wyniku oznaczenia. Ponadto pozwoliła zaszeregować błędy w zależności od ich znaczenia, co może ułatwić zaplanowanie odpowiednich działań zapobiegawczych i określić ich przewidywaną skuteczność. Kompleksowo przeprowadzona analiza może stanowić metodę sterowania jakością i zarządzania ryzykiem, a także podstawę systematycznej identyfikacji wielu zagrożeń przy uwzględnieniu poziomu ryzyka. Może przyczynić się to do poprawy jakości wykonywanych badań, zmniejszenia liczby reklamacji, a także pozwolić na lepsze dostosowanie się do wymagań klienta. Na jej podstawie możliwe będzie także wprowadzenie pewnych standardów pracy zespołu laborantów, które pozwolą zapewnić możliwie najwyższą ochronę przed przypadkowymi pomyłkami.

**Słowa kluczowe:** analiza FMEA; badania fizyczne cementu.

**Abstract.** The article attempts to analyse the types and effects of failures (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*) during physical tests of common cement performed in accordance with the PN-EN 196 series of standards. FMEA enabled the identification of areas of high degree of risk, at the stage where the occurrence of an error gave the base to the undermining the test result. In addition, it allowed to classify errors depending on their importance, which may be helpful to plan appropriate preventive actions and determine their expected effectiveness. Comprehensive analysis can be a method of quality control and management of risk, as well as a basis for systematic identification of many threats taking into account the level of risk. This will help to improve the quality of the performed tests, to reduce the number of complaints, and also allows for better adaptation to the customer's expectations. On the basis of FMEA, it might also be possible to introduce some better standards for the work of a laboratory team that will ensure the highest possible protection against accidental mistakes.

**Keywords:** Failure Mode and Effects Analysis; physical test of cement; density; cement.

Bardzo ważnym etapem w procesie produkcji jest kontrola jakości uzyskanego wyrobu końcowego. Cement, powszechnie uznawany za materiał „strategiczny”, poddawany jest systemowi 1+ oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych. System ten powinien być odpowiednio udokumentowany oraz ciągle monitorowany i uaktualniany. Obejmuje on zadania producenta wyrobu, takie jak wdrożenie Zakładowej Kontroli Produkcji (badanie próbek pobranych w zakładzie produkcyjnym), a także Notyfikowanej Jednostki (wstępna inspekcja zakładu i zakładowej kontroli produkcji, ciągły nadzór, ocena i akceptacja zakładowej kontroli produkcji, uzupełniające badania kontrolne próbek pobranych w zakładzie produkcyjnym). To w głównej mierze od uzyskanych na tym etapie wyników badań zależy ocena, a co za tym idzie zapewnienie odbiorcy pełnowartościowego produktu gotowego do założonego zastosowania. Z tego powodu podjęto próbę zastosowania analizy rodzajów i skutków wad (*Failure Mode and Effects Analysis*) w procesie badawczym cementu po-

wszecznego użytku. Jej głównym celem jest określenie możliwości wystąpienia potencjalnych wad, najbardziej istotnych obszarów zagrożeń, a także czynników mających bezpośredni wpływ na proces badawczy.

### Cele i zasady analizy FMEA

Metoda FMEA [1 ÷ 4] jest wykorzystywana do identyfikacji potencjalnych rodzajów wad i wywołujących je przyczyn, które w największym stopniu mogą ograniczać właściwe wykorzystanie wyrobu, narażać odbiorców usług na straty materialne, utratę zdrowia, a w drastycznych przypadkach nawet życia. FMEA dotyczy szeroko rozumianych procesów wytwarzania wyrobów, a także procesów użytkowania, w tym świadczenia usług. Jej celem jest wskazanie czynników, które mogą utrudniać spełnianie wymagań zawartych w specyfikacji usługi, czy też utrudniać przebieg procesu. Czynniki te mogą być związane z metodami i parametrami procesów, środkami pomiarowo-kontrolnymi, maszynami i urządzeniami, warunkami użytkowania czy wpływami otoczenia. Realizacja przebiegu działań związanych z przeprowadzeniem projektu FMEA odbywa się w trzech zasadniczych etapach.

<sup>1)</sup> Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych; Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie

<sup>\*)</sup> Adres do korespondencji: h.szela<sup>g</sup>@icimb.pl

**Etap I. Przygotowanie.** Organizowany jest zespół składający się z przedstawicieli m.in. biura konstrukcyjnego, działów produkcyjnych, działu jakości, działu obsługi klienta, ewentualnie z użytkowników wyrobu/usługobiorców, a jeśli to konieczne również eksperta z danej dziedziny. Powinni być to pracownicy o dużym doświadczeniu. Zespołem kieruje lider.

**Etap II. Właściwa analiza.** Na tym etapie przeprowadzana jest zasadnicza część analizy. Pierwszym krokiem jest wskazanie wybranych przez zespół elementów wyrobu oraz potencjalnych wad mogących się ujawnić w czasie prowadzenia badań. W dalszej kolejności konieczne jest wyznaczenie relacji „wada -> skutek -> przyczyna” i określenie skutków wskazanych wad oraz przyczyn ich powstawania, a także stosowanych metod kontroli i monitorowania w chwili prowadzenia projektu FMEA, pozwalających wykryć rozpatrywaną przyczynę lub wadę. Kolejnym krokiem jest przypisanie wskaźników „Z”, „R” i „W” do zdefiniowanej relacji liczb, gdzie wskaźnik „Z” to znaczenie wady ze względu na skutki, jakie powstają w wyniku jej ujawnienia się podczas badań, wskaźnik „R” to ryzyko (prawdopodobieństwo) wystąpienia wady lub przyczyny wady, a wskaźnik „W” to możliwości wykrycia (rozpoznania), że wada lub jej przyczyna ujawniły się. Wskaźniki te ocenia się w skali 1 do 10. Przy ich wartościowaniu warto przestrzegać następujących reguł: przy określaniu liczby „Z” należy zidentyfikować wszystkie skutki danej wady, a następnie przyjąć „Z” wg jej najgorszego, możliwego skutku. Szacowanie liczby „R” może dotyczyć zarówno wystąpienia wady, jak i przyczyny, natomiast możliwość wykrycia „W” odnosi się zasadniczo do wady, ale możliwe jest również odnoszenie jej do przyczyny wady. W tabeli przedstawiono przykładowe wskazówki do przyjmowania wskaźnika znaczenia wady „Z”.

**Wskazówki do przyjmowania wskaźnika „Z” [2]**

*Tips for adopting the „Z” indicator [2]*

„Z”	Znaczenie wady	FMEA procesu
1	bardzo małe	wada procesu nie wpłynie w żaden sposób na jakość usługi badawczej
2-3	małe	wada procesu w nieznacznym stopniu wpłynie na jakość usługi badawczej
4-6	przeciętne	użytkownik dostrzega mankamenty usługi badawczej
7-8	duże	wada procesu powoduje powstanie usługi niezgodnej z wymaganiami
9-10	bardzo duże (krytyczne)	wada procesu powoduje powstanie niewiarygodnej usługi badawczej

Etapem końcowym jest obliczenie wskaźników priorytetu „WPR” i przeprowadzenie ich rangowania. Ze wskaźników „Z”, „R” i „W” obliczany jest wskaźnik priorytetu (WPR) będący iloczynem ocen cząstkowych, co oznacza, że może się zmieniać w przedziale 1-1000. Wartość wskaźnika WPR stanowi podstawę do ustalenia rankingu przyczyn ze względu na ich „krytyczność”. Im wskaźnik wyższy, tym „krytyczność” przyczyny lub wady jest większa.

**Etap III: Wprowadzenie i nadzorowanie działań prewencyjnych.** Wyniki przeprowadzonych analiz służą jako

podstawa do wprowadzenia zmian mających na celu zmniejszenie ryzyka wystąpienia wad określonych jako krytyczne. Jeśli nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie przyczyn powstawania wad, należy wyprzedzająco, za pomocą działań zapobiegawczych, starać się wyeliminować zagrożenia przez opracowanie jednolitych zasad i wskazanie właściwego sposobu postępowania. Jednym z uznanych sposobów pozwalających je określić i ewentualnie zminimalizować może być np. analiza PFMEA. Realizacja zalecanych działań powinna być ciągle nadzorowana, a ich efekty poddane weryfikacji.

**Wstęp do analizy PFMEA**

Przed przystąpieniem do analizy PFMEA procesu badania właściwości fizycznych cementów przeprowadzono skrupulatny przegląd aktualnych norm stanowiących źródło podstawowych wymagań. Na podstawie wniosków wyodrębniono obszary systematycznie powtarzające się, jak np. proces homogenizacji próby do badań – niezwykle istotny aspekt stanowiący wstęp do dalszych czynności w procesie badawczym, czy proces określenia masy – nieodzowna część każdego badania.

Gruntowna analiza norm badawczych pozwoliła na określenie zakresu podstawowych wymagań, których bezwzględne przestrzeganie jest niezbędne do uzyskania wiarygodnego i powtarzalnego wyniku. Są w nich przedstawione bardzo precyzyjnie wymagania dotyczące laboratorium oraz wyposażenia do badań. Ponadto przedstawiają w sposób bardzo szczegółowy kolejność i sposób wykonywania poszczególnych kroków podczas badania.

**Wyniki analizy PFMEA**

Analiza PFMEA pozwoliła wskazać szeroki wachlarz możliwych zagrożeń, a w konsekwencji rodzajów wad, z którymi możemy się zetknąć podczas wykonywania poszczególnych badań. Kilkudziesięcioletnie doświadczenie laboratorium ICiMB w wykonywaniu badań właściwości fizycznych cementów, a także dogłębna analiza przebiegu dużej grupy procesów badawczych umożliwiły wskazanie wad, których wpływ na uzyskany wynik jest mniej istotny. Nie można jednak ich zmarginalizować i w związku z tym systematycznie powielać np. ze względu na uproszczenie wykonywanych czynności lub oszczędność czasu. Na podstawie analizy można wytypować obszary o wysokim stopniu ryzyka, na etapie których wystąpienie błędu daje podstawy do podważenia wyniku oznaczenia. Główne ryzyka w procesie badań występują w następujących obszarach:

- czynnik ludzki – niezwykle trudny do nadzorowania, a ewentualne błędy są trudne, a czasem niemożliwe do jednoznacznego określenia;
- wyposażenie pomiarowe i badawcze;
- warunki lokalowe (klimatyczne) – zachowanie stałych warunków podczas całego cyklu badawczego wymaga dużej uwagi i ciągłego nadzoru.

W celu zminimalizowania możliwości wystąpienia potencjalnych wad, niezbędne jest ciągle podnoszenie kompetencji technicznych laboratorium. Poza tak oczywistymi ele-



## ARBOCEL® LIGNOCEL®

### Idee prosto z natury

- Mniejszy spływ płytek (np. kleje)
- Wewnętrzne mikrobrojenie (np. tynki, farby)
- Mniejszy skurcz (np. szpachle)
- Redukcja kosztów formulacji (np. systemy dociepleń)
- Rozwiązania bezpyłowe (np. kleje do płytek)



RETENMAIER POLSKA  
SP. z o.o.



Włókna prosto  
z natury  
A Member of the JRS Group

[www.jrs.pl](http://www.jrs.pl)

ul. Bitwy Warszawskiej 1920r. 7b, 02-366 Warszawa  
tel. centrala: (22) 608 51 00, fax: (22) 608 51 51

mentami, jak np. zakup nowoczesnego wyposażenia do badań i unowocześnienie już posiadanego czy podnoszenie kwalifikacji personelu, celowe wydaje się wprowadzanie rozwiązań mających na celu zapewnienie spełnienia wymagań norm badawczych oraz ograniczenie lub wyeliminowanie przyczyn skutkujących wystąpieniem błędów. Wykorzystanie coraz tańszej techniki komputerowej i sieci informatycznych daje ogromne możliwości w codziennej pracy i skutkuje zmniejszeniem kosztów bieżącej działalności. Pozwala ponadto śledzić wyniki prac niemal z każdego miejsca, przy jednoczesnej kontroli np. warunków klimatycznych.

### Podsumowanie

Kompleksowo przeprowadzona analiza FMEA może stanowić metodę sterowania jakością i zarządzania ryzykiem. Umożliwia systematyczną identyfikację wielu zagrożeń przy uwzględnieniu poziomu ryzyka, co w znacznym stopniu przyczynia się do poprawy jakości wykonywanych badań, zmniejszenia liczby reklamacji, a także pozwoli na lepsze dostosowanie się do wymagań klienta. Na jej podstawie możli-

w jest wprowadzenie pewnych standardów w pracy zespołu laborantów, które pozwolą zapewnić ochronę przed przypadkowymi błędami. Pozwala ponadto zaszeregować błędy w zależności od ich znaczenia, co ułatwia zaplanowanie odpowiednich działań zapobiegawczych i określić ich przewidywaną skuteczność.

Niezmiernie trudno jest w sposób jednoznaczny określić korzyści materialne płynące z zastosowania zaproponowanych rozwiązań. Nakłady na zapewnienie jakości badań są jednak niezbędne i należy je uwzględniać w procesie szacowania kosztów badań.

### Literatura

- [1] Folejewska Agnieszka. 2011. *Analiza FMEA – zasady, komentarze, arkusze*. Warszawa. Verlag Dashofer Sp. z o.o.
- [2] Hamrol Adam. 2012. *Zarządzanie jakością z przykładami*. Warszawa. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [3] Huber Zbigniew. 2007. *Analiza FMEA procesu*. Gliwice. Złote Myśli Sp. z o.o.
- [4] PN-EN 60812:2009 Techniki analizy nieuszkodzalności systemów – Procedura analizy rodzajów i skutków uszkodzeń (FMEA).

Przyjęto do druku: 16.04.2019 r.

Zapraszamy na stronę internetową miesięcznika „Materiały Budowlane”

[www.materiałybudowlane.info.pl](http://www.materiałybudowlane.info.pl)