

NOWE METODY POMIAROWE W SYSTEMIE ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ ODLEWNI ŻELIWA

WSTĘP

Zaprojektowanie odlewu, opracowanie technologii produkcji, wdrożenie do produkcji, nadzorowanie oraz stałe doskonalenie jakości oznacza ogromne wyzwanie dla całej załogi przedsiębiorstwa. Jeżeli celem systemu działania przedsiębiorstwa jest zagwarantowanie stabilnego poziomu jakości, to konieczne są przedsięwzięcia, które taki poziom zagwarantują¹. Należą do nich: organizacja, ludzie oraz technika i technologia, a także system nadzoru nad posiadanymi zasobami. Cel osiągnięcia wysokiej jakości procesów realizowanych w przedsiębiorstwie zostanie osiągnięty, gdy wszyscy w przedsiębiorstwie będą zwracać całkowitą uwagę na spełnienie potrzeb klienta, z uwzględnieniem jak najpełniejszej realizacji jego wymagań, w tym również co do czasu dostarczenia, ceny - czyli także kosztu wytworzenia oraz ogólnie pojętej jakości². Nowe wymagania klienta wynikają z coraz większych wymogów bezpieczeństwa stawianym konstrukcjom i maszynom. Coraz istotniejsze z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkownika są własności zmęczeniowe materiałów³. Celowym jest opracowanie metod pomiarowych mających na celu określenie własności zmęczeniowych za konwencjonalną liczbą cykli $N_f=1 \cdot 10^7$. Pojawia się pytanie gdzie mamy do czynienia z takimi obciążeniami?. Informacje o własnościach zmęczeniowych materiałów za konwencjonalną granicą cykli są potrzebne między innymi przy produkcji silników samochodowych (10^8 cykli), taboru szybkiej kolejki (10^9 cykli), a także przy produkcji silników odrzutowych (łopatką turbiny 10^{10} cykli)⁴. Istnieje metoda pomiarowa badająca własności zmęczeniowe, niestety, zastosowanie jej wiąże się z dużymi ograniczeniami czasowymi. Przeprowadzenie badań metodą klasyczną z zastosowaniem częstotliwości obciążania równą 25 Hz przy liczbie cykli $N_f=10^{10}$ trwałoby 4629 dni. Wykorzystując nową metodę, która zostanie zaprezentowana w niniejszym artykule z zastosowaniem wysokich częstotliwości 20 kHz

* Katedra Inżynierii Produkcji, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska.

** Department of Material Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina.

1 Borkowski S., *Sterowanie jakością tworzyw odlewniczych na przykładzie żeliwa*, WNT, Warszawa 1999.

2 Borkowski S., *Mierzenie poziomu jakości*, Wyd. WSZiM w Sosnowcu, Sosnowiec 2004.

3 Bokuvka O., Palcek P., Chalupova M., Ulewicz R., *Kwalita konstrukcyjnych suzcasti a zaradieni, Zarządzanie rozwojem organizacji, Jakość procesów i produktów*, Wyd. WSZiM Sosnowiec, Sosnowiec 2001.

4 Bojanowicz P., Kopas P., Ulewicz R., Novy F., *Very High Cycle Regime Fatigue Of SGRJ35 Steel*, *Materials Engineering*, Vol. 12, 2005, No. 3.

czas potrzebny do badań wyniósłby tylko 140 godzin, daje to realną szansę wprowadzenia tego rodzaju badań do systemu kontroli jakości odpowiedzialnych wyrobów odlewniczych (np. bloki silników samochodów i statków). Porównanie metod badań zmęczeniowych pod względem czasochłonności przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Czas potrzebny do wyznaczenia granicy zmęczenia σ_c przy stosowaniu niskich i wysokich częstotliwości obciążania

Cykle Częstotliwość	Nf= 1·10 ⁷	Nf = 1·10 ⁸	Nf = 1·10 ⁹	Nf = 1·10 ¹⁰
	niska (25Hz)	≈ 4,6 dni	≈ 46 dni	≈ 460 dni
wysoka (20kHz)	≈ 9 min.	≈ 90 min.	≈ 14 godz.	≈ 140 godz.

Źródło: Bokůvka O., Nicoletto G., Kunz L., Palček P., Chalupová M., Low & High Frequency Fatigue Testing, EDIS University of Žilina, Žilina 2002.

Analizowane przedsiębiorstwo, które dla osiągnięcia swych celów produkcyjnych i jakościowych powinno zapewnić, aby czynniki techniczne, administracyjne, np. dotyczące materiałów, wyposażenia, aparatury, były pod stałą kontrolą. Nadzór ten powinien być ukierunkowany na redukcję, eliminowanie i - co najważniejsze - zapobieganie niezgodnościom związanym z jakością. W tym celu powinna być przeprowadzona ocena efektywności systemu zarządzania jakością⁵.

SYSTEM KONTROLI JAKOŚCI

Procesy powinny być monitorowane w celu weryfikacji ich skuteczności, a uzyskane dane mają posłużyć do ich ulepszenia. Tradycyjne metody kontrolne pozostają standardową drogą sprawdzenia jakości rezultatów procesów, ale w wielu przypadkach kontrola nie jest najbardziej efektywną metodą prowadzącą do doskonalenia procesu. Zastosowanie zintegrowanego systemu zapewnienia jakości znacznie poprawia skuteczność działań mających na celu projektowanie i wytworzenie wyrobu o jak najwyższej jakości za pierwszym razem⁶. Zastosowanie zintegrowanego systemu zarządzania jakością wymaga: znajomości poszczególnych technik, bardzo dobrej komunikacji, a w szczególności sprzężenia zwrotnego, pracy zespołowej, odpowiedniego planowania i rygorystycznej dyscypliny czasowej⁷. Pierwszym krokiem do wdrożenia zintegrowanego systemu zarządzania jakością jest opracowanie planu poprawy jakości produktu. W przypadku odlewów niesie to za sobą pewne komplikacje, ponieważ możemy mieć

5 Ulewicz R., *Assessment of the quality system effectiveness in the iron foundry, 8th International scientific symposium Quality and reliability of machines*, Nitra 2003.

6 Borkowski S., Čorejova T., *Instrumenty rozwiązywania problemów w zarządzaniu*, Wyd. WSZiM w Sosnowcu, Sosnowiec 2004.

7 Ulewicz R., Selejda J., *System kontroli jakości wytwarzania odlewów z żeliwa sferoidalnego*, IV Warsztaty nauk o zarządzaniu, Zakopane 2003.

do czynienia z produkcją seryjną jak i jednostkową a także zamówieniami specjalnymi, które będą wymagały opracowania nowych procedur oraz zmian w istniejącej technologii wykonywania odlewów⁸. Istnieje jednak możliwość wskazania punktów stałych istotnych dla każdego procesu wytwarzania odlewu (rys.1).



Rys.1. System kontroli jakości w odlewni żeliwa
 Źródło: Opracowanie własne

W przypadku specjalnych wymagań wyrobu istnieje możliwość uzupełnienia planu kontroli i planowania jakości o nowe punkty np. dla wyrobów dla motoryzacji (klasa REPORT) wymagane są badania zmęczeniowe dla określenia liczby cykli do powstania pęknięcia. W tym celu w analizowanej odlewni planuje się wprowadzenie innowacji polegającej na zastosowaniu nowej metody badań zmęczeniowych z zastosowaniem wysokich częstotliwości.

8 Rychter A., Siekański K., *Kontroling procesów w odlewni żeliwa, a wytwarzanie wyrobów wysokiej jakości, Kontrola i kontroling w zarządzaniu: Tendencje, koncepcje, instrumenty*, cz. III, WSZIM w Warszawie, Warszawa 2002.

METODY OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW JAKOŚCI

Wśród wielu metod oceny szczególnie efektywne są metody rachunku kosztów oraz metody statystyczne. Dzięki wykorzystaniu metod statystycznych skraca się czas oceniania, mamy dużą wiarygodność wyników ocen. W przypadku, gdy populacje są liczne i masowe, metody statystyczne są jedynymi akceptowalnymi metodami oceny efektywności. Metody oceny efektywności systemu jakości na etapie produkcji to metody rachunku kosztów, seven QC tools, metody prób losowych badanych cech mierzalnych⁹. Metody oceny efektywności możemy stosować na poszczególnych fazach realizacji odlewu poczynając od marketingu poprzez fazę projektowania, zakupu i dostaw, produkcji a kończąc na eksploatacji gdzie możemy zastosować metody badań niezawodności. W badaniach wykorzystano dwa kryteria: kryterium ekonomiczne, wykorzystano tutaj koszty wad i niezgodności produkowanych wyrobów odlewniczych (seryjnych i indywidualnych) a następnie odniesiono je do przyjętego akceptowalnego poziomu. W kryterium technologicznym korzystając z kart X-R, X-S uwzględniono trzy najistotniejsze cechy: dotrzymanie tolerancji wymiarowej, własności wytrzymałościowe R_m i twardość HB. W doborze metody jak i parametrów oceny istotne jest to, aby pozwalała ona na osiągnięcie wiarygodnych wyników.

OCENA EFEKTYWNOŚCI SYSTEMU JAKOŚCI W ODLEWNI

Na podstawie danych z odlewni żeliwa oceniono efektywność systemu jakości w aspekcie kosztów wad odlewów w latach 1999-2005. Dane, które posłużyły do analizy przedstawiono w tablicy 2. Graficznie analizę przedstawiono na rys. 2.

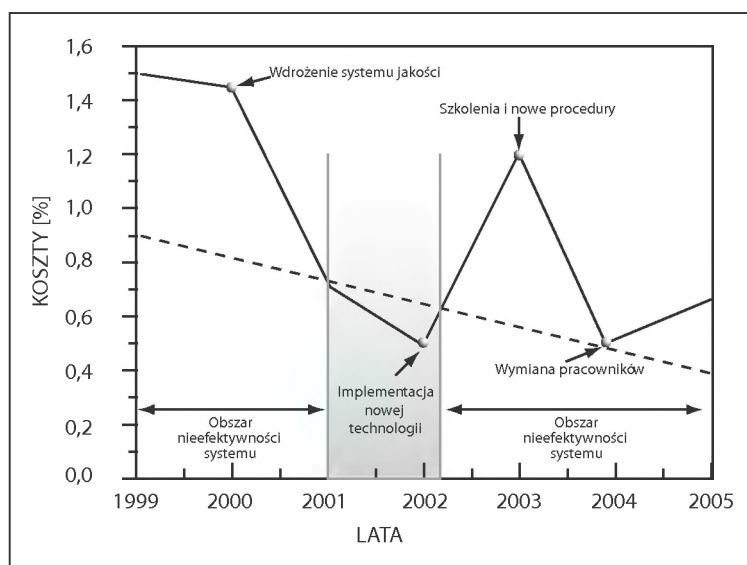
Za charakterystykę oceanową przyjęto skumulowane koszty wad odlewów $R(t)$, a za kryterium oceny przyjęto prognozowane dopuszczalne koszty wad $P(t)$.

Tablica 2. Procentowe zestawienie rzeczywistych i oczekiwanych kosztów wad w latach 1999-2005

Koszty % Lata	Wady dostaw	Wady wewnętrzne	Naprawy gwarancyjne	Skumulowane koszty wad	Oczekiwane koszty wad
1999	0,70	0,20	0,60	1,50	0,90
2000	0,65	0,17	0,65	1,47	0,80
2001	0,26	0,14	0,28	0,68	0,70
2002	0,20	0,08	0,20	0,48	0,60
2003	0,50	0,40	0,30	1,20	0,50
2004	0,20	0,02	0,20	0,42	0,40
2005	0,20	0,20	0,21	0,61	0,30

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych odlewni

⁹ Kubicki A., Szkoda J., *Problemy oceny efektywności systemów jakości w firmach przemysłowych*, [w:] „Problemy jakości” 10/1999.



Rys. 2. Charakterystyka oceny efektywności systemu jakości odlewni w latach 1999-2005

Źródło: Opracowanie własne

Przeprowadzona analiza wykazała, że do roku 2001 system jakości odlewni żeliwa był nieefektywny $R(t) - P(t) > 0$. Do tego czasu odlewnia wdrażała nowe procedury i nowe rozwiązania w zakresie zarządzania jakością. Przyczyniło się to do osiągnięcia stanu gdzie oczekiwane koszty wad okazały się wyższe niż rzeczywiste $R(t) - P(t) \leq 0$. Od roku 2001 roku wartość przyjętej charakterystyki cenowej efektywności systemu jakości mieści się w obszarze efektywności. Ocena efektywności systemu jakości jest konieczna i niezbędna dla doskonalenia firm i przystosowania się ich do walki konkurencyjnej na rynku. W roku 2003 w firmie dokonano dużych inwestycji związanych z poszerzeniem asortymentu produkowanych odlewów o odlewy precyzyjne dla przemysłu motoryzacyjnego. Zakupiono nowe maszyny i technologie, co w pierwszym okresie zdecydowanie wpłynęło na destabilizację procesu. Skumulowane koszty wad, głównie wewnętrznych, a także w mniejszym stopniu zewnętrznych (naprawy gwarancyjne) zdecydowanie przewyższyły oczekiwane koszty wad. W okresie 2004-2005 roku odnotowano znaczący spadek efektywności związany ze zmianą pokoleniową pracowników i migracją zawodową do bogatszych krajów UE.

PODSUMOWANIE

Wprowadzanie nowych technologii badawczych mających na celu zwiększenie bezpieczeństwa użytkowania maszyn i urządzeń stanie się wymogiem wynikającym z norm. Zastosowanie nowej metody badań zmęczeniowych znacznie skraca czas prób, co daje duże możliwości zastosowania tej metody jako standardowych badań. Zastosowanie nowej technologii może jednak wpłynąć na efektywność systemu jakości. Zmiany, innowacje mogą napotkać na duży opór pracowników związanych bezpośrednio z pro-

dukcją. Sporadycznie zdarzały się nawet przypadki sabotażu ze strony pracowników. Dopiero kampania informacyjna kierownictwa średniego szczebla połączona z intensywnym programem szkoleń doprowadziły do poprawy sytuacji. Po przeprowadzonych działaniach korygujących ustalono na nowo charakter kryteriów polityki jakościowej firmy i określono na nowo spodziewane koszty wad. Podwyższone koszty wad spowodowane były czynnikami technologicznymi głównie niedotrzymaniem wymogów tolerancji wymiarowej, a także wymagań mechanicznych. Dla powyższych czynników przeprowadzono również ocenę efektywności systemu jakości. Można rozróżnić dwa szczeble oceny; szczebel pierwszy - kosztowa dla kadry zarządzającej i naczelnego kierownictwa, szczebel drugi – kryteria technologiczne dla kierownictwa działu produkcji i dla pracowników bezpośredni związanych z pionem produkcyjnym. Ocena efektywności systemu jakości okazała się konieczna i niezbędna dla doskonalenia firm i przystosowania się ich do walki konkurencyjnej na rynku.

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono metodę badań zmęczeniowych materiałów konstrukcyjnych z zastosowaniem wysokich częstotliwości obciążania. Zwrócono szczególną uwagę na korzyści ekonomiczne, między innymi znaczne skrócenie czasu trwania badań. Opracowano model systemu kontroli jakości z badaniami zmęczeniowymi w odlewni żeliwa. Określono efektywność systemu kontroli jakości.

THE NEW MEASURING METHODS IN THE CAST IRON FOUNDRY QUALITY SYSTEM

SUMMARY

A method of fatigue constructional materials examinations with the application from burdening high frequencies was presented in the article. A special remark was returned to economic benefits, inter alia considerable shortening of the time of elapsed time of examinations. A model of the system of the quality control was elaborated with fatigue examinations in the foundry of the cast iron. Efficiency of the system of the quality control was determined.

BIBLIOGRAFIA

1. Borkowski S., *Sterowanie jakością tworzyw odlewniczych na przykładzie żeliwa*, WNT, Warszawa, 1999.
2. Borkowski S., *Mierzenie poziomu jakości*, Wyd. WSZiM w Sosnowcu, Sosnowiec 2004.
3. Bokuvka O., Palcek P., Chalupova M., Ulewicz R., *Kvalita konstrukcyjnych suzcesti a zaradieni, Zarządzanie rozwojem organizacji, Jakość procesów i produktów*, Wyd. WSZiM Sosnowiec, Sosnowiec 2001.

4. Bojanowicz P., Kopas P., Ulewicz R., Novy F., *Very High Cycle Regime Fatigue Of SGRJ35 Steel, Materials Engineering*, Vol. 12, 2005, No. 3.
5. Ulewicz R., *Assessment of the quality system effectiveness in the iron foundry, 8th International scientific symposium – Quality and reliability of machines*, Nitra 2003.
6. Borkowski, S., Čorejova T., *Instrumenty rozwiązywania problemów w zarządzaniu*, Wyd. WSZiM w Sosnowcu, Sosnowiec 2004.
7. Ulewicz R., Selejdak J., *System kontroli jakości wytwarzania odlewów z żeliwa sferoidalnego, IV Warsztaty nauk o zarządzaniu*, Zakopane 2003.
8. Rychter A., Siekański K., *Kontroling procesów w odlewni żeliwa, a wytwarzanie wyrobów wysokiej jakości, Kontrola i kontroling w zarządzaniu: Tendencje, koncepcje, instrumenty, cz. III*, WSZiM w Warszawie, Warszawa 2002.
9. Kubicki A., Szkoła J., *Problemy oceny efektywności systemów jakości w firmach przemysłowych*, [w:] „Problemy jakości” 1999, nr 10.