

OCENA JAKOŚCI PROCESU PRODUKCJI ELEMENTÓW ZESPOŁU TPC SILNIKA SPALINOWEGO

Paweł DROŹDZIEL, Piotr IGNACIUK

W celu monitorowania określonego poziomu dokładności produkowanych części wykorzystuje się w procesie ich wytwarzania statystyczne metody kontroli jakości. Obejmują one kontrolę wykonywanych elementów oraz badanie stabilności i regulacji procesu produkcyjnego. Statystyczna kontrola jakości jest kontrolą wyrывkową, w której ocena całej partii produktu lub stabilności procesu technologicznego dokonywana jest na podstawie wyników badania reprezentatywnej próbki. Podczas statystycznej kontroli jakości procesu produkcji wykorzystuje się określone wskaźniki oceny. Wskaźniki te wiążą parametry statystyczne analizowanej próbki weryfikowanych elementów z polem tolerancji ich wykonania. Ważne jest aby parametry procesu technologicznego dobierać w taki sposób aby mogły utrzymać odpowiedni poziom przyjętych wskaźników stabilności procesu. Statystyczna kontrola jakości jest metodą skuteczną oraz ekonomiczną. Pozwala na natychmiastowe wykrycie zakłóceń przebiegu procesu technologicznego i jego zmianę w celu niedopuszczenia wadliwych wyrobów do dalszych etapów produkcji [1,3].

W celu zapewnienie odpowiedniej niezawodności zespołu tłok-pierścienie-tuleja cylindrowa (TPC) silnika spalinowego wymagane jest aby poszczególne jego elementy wykonywane były zgodnie z założeniami konstrukcyjnymi oraz przyjętymi tolerancjami wykonawczymi. Dlatego przy ich wykonywaniu stosuje się statystyczną kontrolę jakości. Prezentowany artykuł przedstawia wyniki analizy wskaźników statystycznej kontroli jakości wytwarzania wybranych elementów zespołu TPC silnika spalinowego 359M o ZS.

STATYSTYCZNA METODA OCENY JAKOŚCI PRODUKCJI

W statystycznej kontroli jakości procesu wytwarzania wykorzystuje się następujące wskaźniki [2]:

1. Potencjalna wydolność (C_p). Jest to najprostszymi wskaźnik wydolności procesu, który definiowany jest jako stosunek przedziału tolerancji do granic zmienności procesu. Stosunek ten, wyrażający ogólną zdolność jakościową procesu, określa zależność między zakresem tolerancji a odchyleniem standardowym σ procesu:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \sigma} \quad (1)$$

gdzie: USL – górna granica tolerancji, LSL – dolna granica tolerancji.

Wartości USL oraz LSL wyznaczają przedział tolerancji, a różnica pomiędzy nimi jest długością tego przedziału.

2. Stosunek wydolności (C_r). Wskaźnik ten jest związany ze wskaźnikiem wydolności C_p :

$$C_r = \frac{1}{C_p} \quad (2)$$

3. Dolna/górna potencjalna wydolność procesu (C_{pl}/C_{pu}). Wskaźniki C_p i C_r nie dostarczają pełnych informacji gdy proces nie jest wycentrowany (tj. wartość średnia uzyskiwana z analizy zmienności procesu nie pokrywa się ze środkiem pola tolerancji). Niewycentrowanie może być ujawnione i wyrażone przez wskaźniki dolnej i górnej wydolności:

$$C_{pl} = \frac{\text{średnia} - LSL}{3 \cdot \sigma} \quad (3)$$

oraz

$$C_{pu} = \frac{\text{średnia} - USL}{3 \cdot \sigma} \quad (4)$$

4. Przedstawienie doskonalenia (C_{pk}) pozwala ostatecznie skorygować C_p ze względu na efekt niewycentrowania poprzez obliczenie:

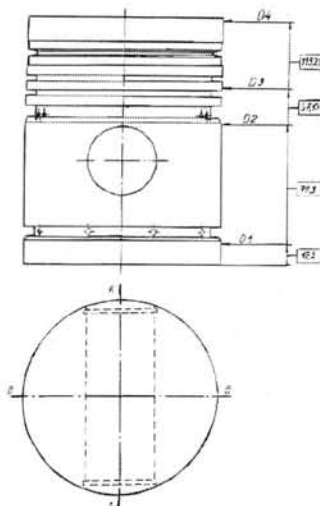
$$C_{pk} = (1 - K) \cdot C_p \quad (5)$$

gdzie: K – współczynnik poprawy niewycentrowanego procesu dla skorygowania C_p ze względu na efekt niewycentrowania.

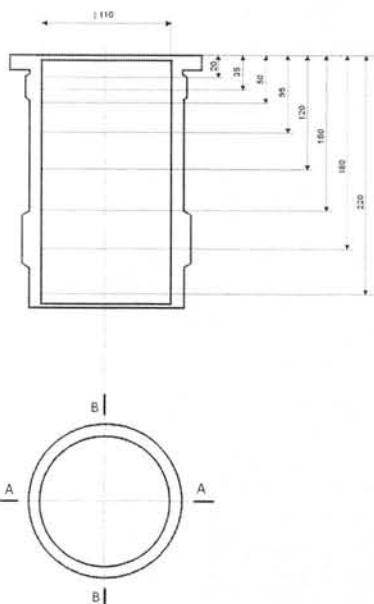
Jeżeli proces jest doskonale wycentrowany, wówczas wartość K jest równa zero i C_{pk} jest równe C_p . Jeżeli proces odbiega od wartości docelowej, wówczas K wzrasta i C_{pk} staje się mniejsze od C_p . Dla właściwego procesu produkcji wskaźnik C_p musi wynosić 1. Jednakże przyjmowana wartość krytyczna współczynnika C_p jest większa od jedności. Najczęściej jej poziom określa nabywca przyjmując pewien „margines bezpieczeństwa” z jakim wybrany wyrób ma być wykonany. I tak 25% margines bezpieczeństwa daje wartość współczynnika $C_p \geq 1,33$. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że stosowane obecnie w produkcji elementów silników spalinowych graniczne wartości współczynnika C_p dochodzą nawet do wartości 5.

BADANIA WŁASNE PRODUKCJI ELEMENTÓW ZESPOŁU TPC SILNIKA SPALINOWEGO

Badaniami oceny jakości procesu produkcji objęto dwa wybrane elementy zespołu TPC: tłoki oraz tuleje cylindrowe silnika spalinowego 359M o zapłonie samoczynnym produkowanego przez Zakłady Starachowickie „STAR” S.A. [1]. Wymienione elementy były produkowane przez dwóch kooperantów. Tłoki wykonano w WSK Gorzyce, zaś tuleje cylindrowe w WSM Krotoszyn. Podczas badań kontrolowanymi parametrami były średnice zewnętrzne tłoka oraz średnice wewnętrzne tulei. Pomiarów wymienionych wymiarów geometrycznych dokonywano wg normy BN-79-79/1374-04 zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunkach 1 i 2 [4].

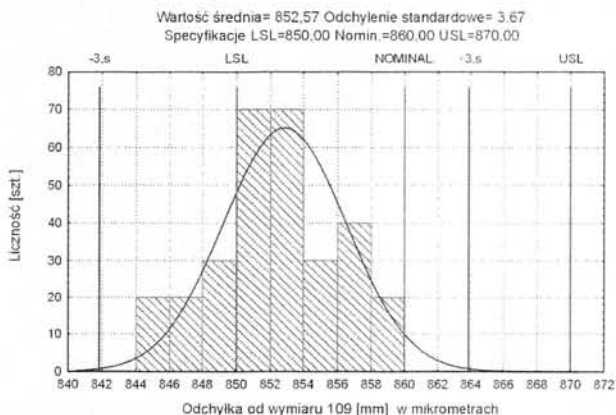


Rys. 1. Schemat pomiaru średnic tłoków; A-A – kierunek pomiaru równoległy do osi silnika, B-B – kierunek pomiaru prostopadły do osi silnika.

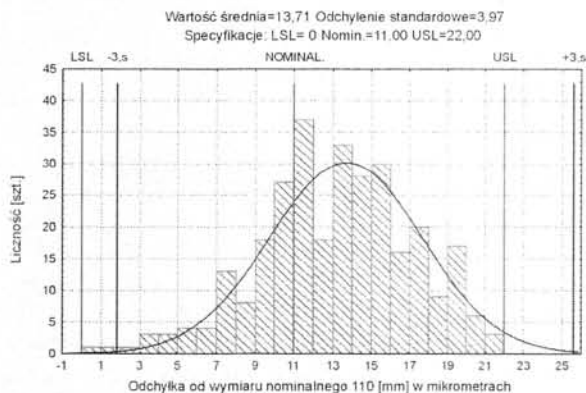


Rys. 2. Schemat pomiaru wartości średnic tulei cylindrowych; A-A – kierunek pomiaru równoległy do osi silnika, B-B – kierunek pomiaru prostopadły do osi silnika.

Pomiarów średnic tłoków dokonywano na specjalistycznym stanowisku pomiarowym z dokładnością do 0,002 mm wg schematu z rysunku 1. Pomiarów średnic tulei cylindrowych dokonywano wg schematu z rysunku 2 dwupunktową średnicówką mikrometryczną o działce elementarnej 0,001 mm. Rysunek 3 przedstawia histogram rozkładu odchyłek wymiarowych średnic tłoków od wartości 109 mm. Wyniki pomiarów mikrometrycznych tulei cylindrowej przedstawiono zaś na rysunku 4, który ilustruje histogram odchyłek wymiarowych wewnętrznych średnic tulei od wartości nominalnej równej 110 mm. Na rysunkach tych podano także wartość nominalną, wartość średnią i odchylenie standardowe analizowanych odchyłek, dolną (LSL) i górną (USL) granicę pola tolerancji.



Rys. 3. Histogram rozkładu odchyłek wymiarowych zewnętrznych średnic tłoków



Rys. 4. Histogram rozkładu odchyłek wymiarowych wewnętrznych średnic tulei cylindrowych

Zakładając poziom ufności 1- α równy 0,95 zweryfikowano pozytywnie hipotezę, że histogramy odchyłek wymiarowych analizowanych elementów zespołu TPC przedstawione na rysunkach 3 i 4 posiadają rozkład normalny. Na podstawie posiadanych wyników pomiarów odchyłek wymiarowych dokonano obliczenia statystycznych wskaźników wydolności procesu wg wzorów (1), (3), (4) oraz (5). Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1 Wskaźniki wydolności procesu.

Element	C_p	C_{pl}	C_{pu}	C_{pk}
Tuleja	0,9924	1,1522	0,6967	0,6967
Tłok	0,9074	0,2601	1,5547	0,2601

Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono niewielkiego niewycentrowania występowanie procesu produkcji tulei cylindrowych. Wskazuje na to mniejszą od jedności wartość wskaźnika C_{pu} . Wartość wskaźnika $C_p=0,9924$ dla tulei jest mniejsza od jedności, co w powiązaniu z wartościami wskaźników $C_{pl} > 1$ i $C_{pu} < 1$ wskazuje na tendencję wykonywania otworu tulei o większych wartościach niż wynoszą założenia konstrukcyjne. Średnice tłoków wykraczają poza zakres przyjętego konstrukcyjnie pola tolerancji. Zmierzona wartość minimalna jest o 6 μm mniejsza niż wyznaczona granica LSL . Uzyskana wartość średnia zbliża się do dolnej granicy pola tolerancji (850 μm) i wynosi 852,87 μm . Wartość wskaźnika $C_p=0,9074$ jest mniejsza od jedności, co w powiązaniu z wartościami wskaźników $C_{pl} < 1$ i $C_{pu}=1,5547$ wskazuje na wykonywanie analizowanych średnic tłoków w dolnej strefie pola tolerancji.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej oceny wskaźników jakości produkcji dla tulei cylindrowych i tłoków zespołu TPC silnika 359M można stwierdzić, że:

1. Średnice zewnętrzne tłoków znajdują się w dolnym zakresie pola tolerancji. Wynika to z chęci uniknięcia przez producenta mikrozatańc powierzchni tulei cylindrowych występujących w trakcie docierania technologicznego silnika 359M.
2. Wymiary wewnętrznych średnic tulei cylindrowych mieszczą się w przyjętym polu tolerancji. Nie zaobserwowano dla średnic tulei cylindrowych wychodzenia poza przyjęte pole tolerancji.

LITERATURA

1. Ignaciuk P.: Metoda badania wpływu wybranych czynników technologicznych na trwałość eksploatacyjną silników spalinowych o zapłonie samoczynnym. Rozprawa doktorska. Politechnika Lubelska. Lublin, 1998.
2. Ignaciuk P.: Technologiczne uwarunkowania poprawy jakości i trwałości silników rodziny 359. Problemy trwałości eksploatacyjnej samochodów ciężarowych. Red A. Niewczas. LTN, Lublin, 1997.
3. Jezierski J.: Technologia tłokowych silników wysokoprężnych. WNT. Warszawa, 1999.
4. BN-79-79/1374-04 – Silniki samochodowe. Badania stanowiskowe. Badania niezawodności.

Dr inż. Paweł Drożdżel i dr inż. Piotr Ignaciuk są pracownikami Katedry PKM Politechniki Lubelskiej, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin.

c. d. ze str. 59

A four-degree-of-freedom microprehensile microrobot on chip.

Mikrorobot z czterema stopniami swobody na układzie scalonym.

W artykule przedstawiono taniego i łatwego w produkcji mikrochwytkowego mikrorobota na układzie scalonym (MMOC). Ten mikrochwytek o czterech stopniach swobody (DOFs) jest w stanie chwytać, trzymać i uwalniać przedmioty o rozmiarach submilimetrycznych. Badania prowadzono w celu zaprojektowania prostego i skutecznego monolitycznego piezoelektrycznego napędu o dwu stopniach swobody, nie wymagającego dodatkowego systemu transformacji ruchu ani żadnego dodatkowego systemu sterującego. Integracja wszystkich tych funkcji w pojedynczym module zaspokaja prawie wszystkie wymagania montażowe. Każda końcówka chwytaka jest napędem - parą bimorficzną, który zapewnia większy zakres ruchów niż zwykłe elementy piezoelektryczne (*tulejki piezoelektryczne zaciskowe*). Artykuł przedstawia zaawan-

sowany prototyp MMOC, omawia jego osiągi i podaje szczegóły działania pary bimorficznej.

Building a mini-assembly system from a technology construction kit.

Budowa mini systemu montażowego począwszy od konstrukcji oprzyrządowania technologicznego.

Część artykułu stanowią fragmenty prezentowane jako wyniki wspólnego przedsięwzięcia "MiniProd", realizowanego przez IPA Fraunhofer razem z partnerami przemysłowymi a sponsorowanego przez BMBF (Federalne Ministerstwo Edukacji i Rozwoju/02PD2370). Celem tego projektu badawczego jest stworzenie rynkowego, wysoce zminiaturyzowanego - elastycznego systemu mikromontażowego zdolnego do poprawnego wytworzenia wyrobu o odpowiednich proporcjach wymiarowych oraz zdolnego do inteligentnej integracji procesów, wcześniej realizowanych oddzielnie.

c. d. str. 72