

ZASTOSOWANIE KART KONTROLNYCH SHEWHARTA DO NADZOROWANIA JAKOŚCI PROCESÓW PRODUKCYJNYCH W BRANŻY MOTORYZACYJNEJ

DOI: 10.24136/atest.2018.295

Data zgłoszenia: 30.08.2018. Data akceptacji: 25.09.2018.

W artykule omówiono zostało zastosowanie kart kontrolnych Shewharta do nadzorowania jakości procesów produkcyjnych w branży motoryzacyjnej części typu korpus. Na zlecenie przedsiębiorstwa zostały przygotowane karty kontrolne dla poszczególnych cech geometrycznych. W artykule została przedstawiona procedura przygotowania karty kontrolnej do nadzorowania charakterystyk kształtowych w zautomatyzowanym gnieździe produkcyjnym.

Słowa kluczowe: karty Shewharta, nadzór nad jakością procesów produkcyjnych, automatyczna skrzynia biegów, branża motoryzacyjna

WSTĘP

W branży motoryzacyjnej, gdy części poszczególnych podzespołów produkowane są seryjnie lub masowo przy wysokich wymaganiach wydajności produkcyjnej i obostrzonej tolerancji wymiarów, kształtu, bicia oraz wzajemnego położenia zasadniczą rolę odgrywają etapy kontroli. Podczas projektowania procesu technologicznego w kartach kontrolnych w szczególności kładzie się nacisk na zbadanie przy wykorzystaniu odpowiednich środków kontrolnych i udokumentowanie prawidłowego przebiegu produkcji.

W różnych gałęziach przemysłu produkując części odpowiedzialne za zdrowie i bezpieczeństwo człowieka stosuje się ciągłą kontrolę [1]. W skład kontroli ciągłej wchodzi wymogi oceny zgodności z dokumentacją w 100% dla całej partii produkcyjnej. W obszarze, gdzie nie jest wymagana kontrola 100% lub w przypadku kontroli pomiędzy poszczególnymi operacjami technologicznymi stosowana jest wyrwykowa kontrola części. W tym przypadku w branży motoryzacyjnej dla części typu korpus wprowadzono tzw. Statystyczną Kontrolę Jakości Procesu Produkcyjnego (SPC) [3].

W założeniu SPC ma za zadanie sterowanie procesami produkcyjnymi, aby zmniejszać licznosc niezgodnych wyrobów. Karty kontrolne Shewharta są głównym narzędziem, które służą do monitorowania przebiegu procesu w czasie jego trwania. Karty kontrolne dają możliwość identyfikacji odróżnienia zmienności parametrów procesu od nielosowych zdarzeń przy wykorzystaniu statystycznych metod. Główną zaletą kart kontrolnych jest możliwość równoczesnego monitorowania przesunięć wartości średniej oraz zmienności. W trakcie monitorowania na kartę kontrolną zaznaczane są punkty pochodzące z pomiarów kardynalnej dla procesu wielkości w przypadku wystąpienia istotnych zmian w zmienności lub wartości średniej osoba prowadząca kartę kontrolną ma możliwość korekty procesu, zanim wyprodukowane zostaną elementy niezgodne. Zastosowanie kart kontrolnych powoduje więc zazwyczaj istotne zmniejszenie

ilości odpadów, czyli poprawę jakości i wydajności procesu [2, 4].

1. KARTY KONTROLNE

Karty kontrolne zawierają szeroki zestaw technik sterowania jakością na bazie kart kontrolnych Shewharta. Celem głównym kart jest sygnalizowanie odstępstwa od statystycznie stabilnego, wywołanego przez różne przyczyny bez względu na to, czy oddziałują w szczególności na wartość średnią czy też na rozrzut w procesie. Zazwyczaj praktyczne stosowanie kart kontrolnych wiąże się z wykorzystywaniem rutynowo analogicznych analiz dla różnych właściwości (parametrów procesu) [2,3, 4].

Szeroki zestaw ogólnie stosowanych kart kontrolnych [1]:

1. karta \bar{X} średniego i R rozstępu ,
2. karta \bar{X} średniego i S odchylenia standardowego,
3. karta pojedynczych obserwacji i ruchomego rozstępu (I/MR),
4. karta sum skumulowanych (CUSUM),
5. karta średniej ruchomej (MA),
6. karta wykładniczo ważonej średniej ruchomej (EWMA),
7. karty dla pomiarów alternatywnych: C, U, Np, P.

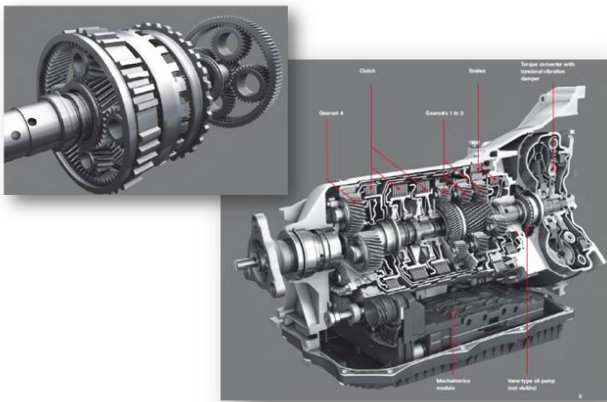
2. WPROWADZENIE SPC W ZAUTOMATYZOWANYM GNIEŹDZIE PRODUKCYJNYM

Analizowany element to części typu korpus wchodząca w skład układu skrzyni biegów do samochodów ciężarowych. Firma zastosowała zaawansowaną technologię w celu opracowania nowej automatycznej skrzyni biegów. Skrzynia obsługuje osiem biegów, a zastosowanie takiego rozwiązania według szacunków firmy pozwala zaoszczędzić do 11% paliwa, co było priorytetem badań nad całą konstrukcją. Rys. nr 1 prezentuje ośmiobiegową automatyczną skrzynię biegów dla samochodów ciężarowych.



Rys. 1. Automatyka skrzynia biegów [5]

Na rys. nr 2. przedstawiony jest widok aksonometryczny automatycznej skrzyni biegów, wraz z układem planetarnych przekładni zębatych.



Rys. 2. Widok automatycznej skrzyni biegów w przekroju [5]

Na rys. nr 3. przedstawiono jednostkę montażową i widoczne są również poszczególne podzespoły części powyższej skrzyni opartej na fragmencie korpusu produkowanym w firmie zlecającej wykonanie kart kontrolnych dla wszystkich cech geometrycznych korpusu.



Rys. 3. Jednostka montażowa

W przedsiębiorstwie, w której produkowana jest część typu korpus jest obrabiana na obrabiarce numerycznej DMG, jak na rys. nr 4



Rys. 4. Obrabiarka DMG DMC 55 duo BLOCK

Części zamocowane są w specjalnie zaprojektowanym uchwycie obróbkowym. Oddzielnych dla dwóch zamocowań realizowanych (na stole numer 1 i stole numer 2) - rys. nr 5.



Rys.5. Część zamocowania do obróbki na centrum obróbkowym A i B DMG: a) zamocowanie 1; b) zamocowanie 2

Pomiary wszystkich cech geometrycznych zostały wykonane na współrzędnościowej maszynie pomiarowej Mitutoyo Crysta-Apex – rys. nr 6.



Rys. 6. Współrzędnościowa maszyna pomiarowa Mitutoyo Crysta Apex.

3. OPRACOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

Zaproponowane w artykule rodzaj karty kontrolnej jest zgodny z normami i dostarczają pomocniczych analiz, które mogą ułatwić pracę operatora na hali produkcyjnej oraz mogą dostarczyć niezbędnych informacji do optymalizacji kart w fazie ich projektowania

przez inżyniera jakości. Przygotowano 50 wyrobów do pomiaru na współrzędnościowej maszynie pomiarowej. Poniżej została przeanalizowana jedna z cech w tym przypadku średnica $\varnothing 68,7 H9$. Tab. nr 1. przedstawia wartości pomiarów poszczególnych części.

Tab. 1. Wyniki z 50 pomiarów części typu korpus dla średnicy

1	68,747	11	68,745	21	68,745	31	68,746	41	68,747
2	68,746	12	68,745	22	68,745	32	68,745	42	68,747
3	68,744	13	68,745	23	68,745	33	68,746	43	68,744
4	68,745	14	68,744	24	68,746	34	68,745	44	68,747
5	68,744	15	68,744	25	68,745	35	68,746	45	68,746
6	68,745	16	68,747	26	68,746	36	68,746	46	68,746
7	68,745	17	68,745	27	68,745	37	68,746	47	68,747
8	68,745	18	68,745	28	68,745	38	68,746	48	68,747
9	68,744	19	68,744	29	68,746	39	68,747	49	68,747
10	68,745	20	68,746	30	68,744	40	68,747	50	68,745

W celu nadzorowania jakości poszczególnych cech geometrycznych procesu produkcyjnego części automatycznej skrzyni biegów wykonano projekt kart kontrolnych: średniej i odchylenia standardowego $\bar{x} - s$. W artykule zostaną przedstawione karty kontrolne dla średnicy $\bar{S}r. 68,7H9 B-B Y-116$ (rys. nr 7), a pozostałe cechy geometryczne zostawia przedstawione w zestawieniach tabelarycznych (tab. nr 2).

Karta $\bar{x} - s$

Karta \bar{x}

Linie centralną średnia wartość z analizy zdolności maszyny:

$$CL = \bar{X} = 68,74550$$

Górna linia kontrolna:

$$UCL = \bar{X} + A_3 \cdot \sigma = 68,74550 + 1,954 \cdot 0,001005776 = 68,74747$$

$$UCL = 68,74747$$

Dolna linia kontrolna:

$$LCL = \bar{X} - A_3 \cdot \sigma = 68,74550 - 1,954 \cdot 0,001005776 = 68,74353$$

$$LCL = 68,74353$$

Karta s

Linie centralną:

$$CL = \sigma = 0,001005776$$

Górna linia kontrolna:

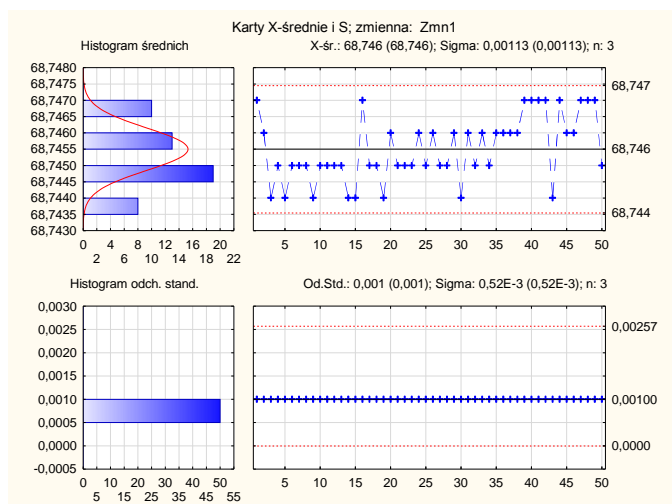
$$UCL = B_4 \cdot \sigma = 2,274 \cdot 0,001005776 = 0,002289$$

$$UCL = 0,002289$$

Dolna linia kontrolna:

$$LCL = B_3 \cdot \sigma = 0,0000 \cdot 0,001005776 = 0,0000$$

$$UCL = 0,0000$$



Rys. 7. Karta kontrolna dla średnicy $\varnothing 68,7 H9$ [opracowanie własne w programie STATISTICA 13]

W poniżej tab. nr 2 zostały zestawione dane dla kart kontrolnych wartości granic kontrolnych dla poszczególnych cech geometrycznych automatycznej skrzyni biegów. Przygotowane karty dla pozostałych cech geometrycznych również wygenerowane w programie STATISTICA 13.

Tab. 2. Zestawienie granic kontrolnych dla wszystkich cech ($\bar{x} - s$)

	Cechy geometryczne	UCL	CL	LCL
średnia	Sr. 68,7H9 B-B Y-116	68,7475	68,7455	68,7435
	Plaskość 23	0,0603	0,5848	0,0566
	Odl. 117+/-0,15 64	117,064	117,053	117,053
	Odl. 42,5 +/-0,15 22	42,5491	42,5438	42,5385
	Sr. 23H7 83	23,0093	23,0084	23,0074
	Poz. 0,15 23H7 82	0,0473	0,0451	0,0432
	Odl. 37 +/- 0,15 63	37,0601	37,0546	37,0491
	Odl. 69,4 +/- 0,15	69,4714	69,4768	69,4735
odchylenia standardowe	Poz. 0,15 B-B Y-117	0,1055	0,1035	0,1013
	Sr. 68,7H9 B-B Y-116	0,0021	0,0009	0,0000
	Plaskość 23	0,0023	0,0011	0,0000
	Odl. 117+/-0,15 64	0,0064	0,0028	0,0000
	Odl. 42,5 +/-0,15 22	0,0062	0,0027	0,0000
	Sr. 23H7 83	0,0011	0,0005	0,0000
	Poz. 0,15 23H7 82	0,0023	0,0011	0,0000
	Odl. 37 +/- 0,15 63	0,0064	0,0028	0,0000
Odl. 69,4 +/- 0,15	0,0046	0,0021	0,0000	
Poz. 0,15 B-B Y-117	0,0024	0,0011	0,0000	

PODSUMOWANIE

W artykule został zaprezentowany przykład zastosowania kart kontrolnych w firmie z branży motoryzacyjnej. Przygotowanie kart kontrolnych nie jest zadaniem skomplikowaną, gdyż w obecnych czasach mamy szeroki wachlarz odpowiednich narzędzi komputerowych np. program STATISTICA 13. Jednakże w kwestii konstruowania kart na początku należy ustalić wymagania przygotowania owej karty (ustalenie częstotliwości pobierania i liczebności próbek, precyzyjne pomiary charakterystyk i ich zapisywanie itp.). Projektowanie karty jest szczególnie trudne zwłaszcza w sytuacji gdy inżynier jakości nie ma doświadczenia przy produkcji nowego wyrobu na nowoczesnych obrabiarkach z oprzyrządowaniem i narzędziami, których charakterystyki zużycia nie zna. Co więcej należy zwrócić uwagę na poprawne i zgodne zidentyfikowanie założeń technologicznych, a także wykonanie analizy która zostanie wykonana przez

doświadczonego specjalistę znającego specyfikację produkcji w przedsiębiorstwie.

W zarządzaniu jakością statystyczne metody sterowania produkcją odgrywają ważną rolę w zarządzaniu jakością. Firmy produkujące wyroby odpowiadające za zdrowie i bezpieczeństwo człowieka zdają sobie sprawę, że warunkiem utrzymania się na rynku (zdobycie nowych klientów i utrzymanie ich zaufania) oraz osiągnięcie zamierzonego sukcesu jest i zagwarantowanie najwyższej jakości wytwarzanych wyrobów gotowych. Dzięki wprowadzeniu przygotowanych karty kontrolnych w przedsiębiorstwie i dodaniu operacji kontrolnej w procesie produkcyjnym części korpusu do automatycznej skrzyni biegu wprowadziło to obniżenie kosztów produkcji poprzez ustabilizowanie i zmniejszenie ilości odpadu w procesie produkcyjnym. Karty kontrole zwiększają możliwości szybszego wykrycia wady podczas procesu produkcyjnego może sama kontrola nie wiele wydłużyła czas cyklu produkcji, ale istotnie zmniejszyła prawdopodobieństwo wykrycia wady podczas produkcji. Dodatkowo można by było również operację kontroli i wypełniania kart kontrolnych zautomatyzować poprzez wytypowanie na hali produkcyjnej stanowiska kontrolnego z odpowiednim systemem ERP.

BIBLIOGRAFIA

1. Dietrich E., Schulze A.: *Metody statystyczne w kwalifikacji środków pomiarowych maszyn i procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Notika System, Warszawa 2000.
2. https://www.statsoft.pl/textbook/stathome_stat.html?https%3A%2F%2Fwww.statsoft.pl%2Ftextbook%2Fstquacon.html [Dostęp: 31.03.2018 r.]
3. Dudzińska-Mazur A., Dudziński J.: *Zastosowanie kart Shewharta do kontroli jakości produkcji elementów uzbrojenia*, Miesięcznik Naukowo Techniczny MECHANIK, 2015, 7: 526-532.
4. Szkoda J.: *Wykorzystanie kart kontrolnych Shewharta do diagnozowania stanów statystycznego uregulowania procesów produkcyjnych*, DIAGNOSTYKA, 26: 52-58.
5. https://www.zf.com/poland/pl_pl/corporate/homepage_corporate/homepage_corporate.html [Dostęp 31.03.2018 r.]

Application of Shewhart's control card to supervise the quality of manufacturing process in the automotive industry

The manuscript presents the use of Shewhart control charts to supervision the quality of production processes in the automotive industry of the gearbox automatic. At the request of the company, control charts were prepared for individual characteristic geometrical features. This paper presents the procedure for preparing the control card for monitoring the shape characteristics in an automated production socket.

Keywords: *Shewhart's control card, supervision the quality of production processes, gearbox automatic, automotive industry.*

Autorzy:

mgr inż. **Emilia Bachtiaak-Radka** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Technologii Mechanicznej, emilia.bachtiaak-radka@zut.edu.pl

mgr inż. **Sara Dudzińska** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Technologii Mechanicznej, sara.dudzinska@zut.edu.pl

dr inż. **Daniel Grochała** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Technologii Mechanicznej, daniel.grochala@zut.edu