

## DIAGNOZOWANIE STANÓW ZDOLNOŚCI JAKOŚCIOWEJ PROCESU PRODUKCYJNEGO

Jerzy SZKODA

Katedra Eksploatacji Pojazdów i Maszyn Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego  
ul. Oczapowskiego 11, 10-736 Olsztyn, tel./fax (0-PREFIX-89) 523-34-63

### Streszczenie

Przedstawiono wskaźniki zdolności jakościowej procesu produkcyjnego, określających przedział zmienności parametru diagnostycznego procesu  $C_p$  oraz położenie wartości średniej rozkładu parametru diagnostycznego procesu  $C_{pk}$ .

Opisano strategię doskonalenia zdolności jakościowej procesu produkcyjnego.

Słowa kluczowe: diagnostyka, proces produkcyjny, jakość, zdolność jakościowa procesu, statystyka.

### DIAGNOSING THE STATES OF QUALITY ABILITY OF PRODUCTION PROCESS

#### Summary

The paper presents the quality ability indexes of production process which define range of changeability of the diagnostics process parameter  $C_p$  and the position of the average value of the diagnostics process parameter  $C_{pk}$ .

The paper describes the improvement strategy of production process quality ability.

Key words: diagnostics, production process, quality, quality ability process, statistics.

## 1. WSTĘP

Na każdy proces produkcyjny oddziałują różne czynniki, które wpływają na jakość wytwarzanych wyrobów. Dlatego niezmiernie ważnym problemem praktycznym jest ocena wpływu tych czynników na jakość procesu.

W sterowaniu jakością procesu produkcyjnego istotne parametry charakteryzujące dany proces muszą być w sposób odpowiedni nadzorowane, tak aby ich wartości mieściły się w granicach tolerancji określonej przez technologa.

Stopień w jakim wartości parametru procesu utrzymywane są w granicach naturalnego zakresu parametru procesu, określić można na podstawie wartości wskaźnika rozrzutu parametru procesu –  $C_p$  oraz wskaźnika położenia wartości średniej w stosunku do wartości środkowej tolerancji –  $C_{pk}$ .

Oba te wskaźniki charakteryzują zdolność jakościową procesu produkcyjnego.

## 2. WSKAŹNIK ROZRZUTU PARAMETRU PROCESU - $C_p$

Wskaźnik  $C_p$  określa ile razy przedział rzeczywistej zmienności parametru procesu mieści się w obszarze naturalnego zakresu parametru procesu wyznaczonego wartością  $6\sigma$  ( $\pm 3\sigma$ ) (1):

$$C_p = \frac{GWP - DWP}{6\sigma} = \frac{T}{6\sigma} \quad (1)$$

gdzie:

GWP – górna wartość parametru rzeczywistego procesu;

DWP – dolna wartość parametru rzeczywistego procesu;

T – tolerancja;

$\sigma$  – odchylenie standardowe.

Przyjmuje się założenie, że rozważania dotyczące badania zdolności jakościowej procesów produkcyjnych w sposób określony zależnością (1) są słuszne dla parametrów procesów, które mają rozkład normalny. Praktyczne badania zdolności procesów produkcyjnych wskazują, że większość procesów produkcyjnych charakteryzuje się normalnymi rozkładami ich parametrów.

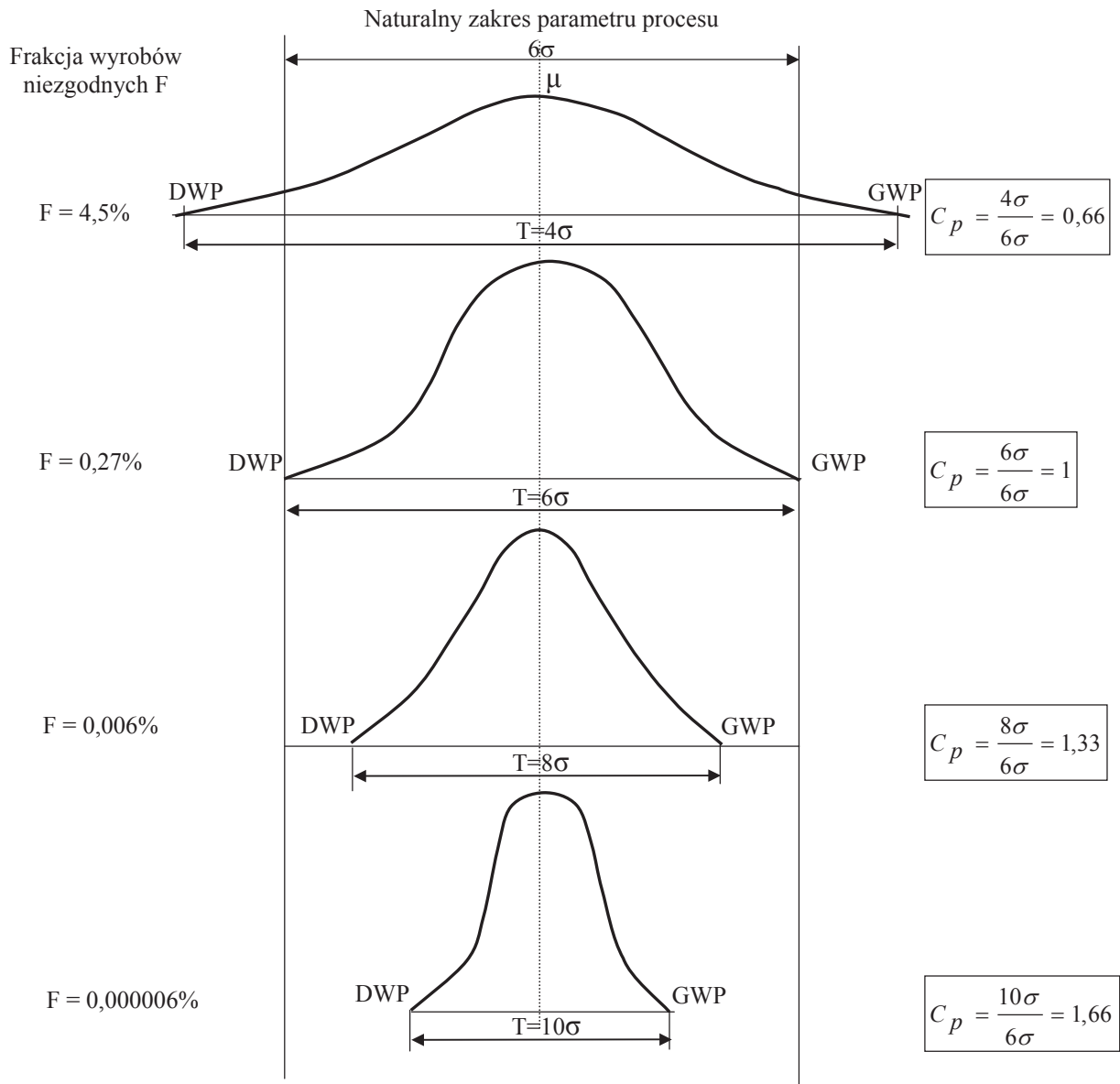
W literaturze naukowej wskaźnik  $C_p$  określa się jako wskaźnik rozrzutu parametru procesu.

Charakterystyczne wartości wskaźnika  $C_p$  przedstawiono na rys. 1.

Z rysunku 1. wynika, że im większa jest wartość wskaźnika  $C_p$  tym mniejszy jest rozrzut parametru procesu.

Ponieważ wskaźnik  $C_p$  charakteryzuje rozkłady idealnie centrowane to jest on jedynie wskaźnikiem oceny potencjalnej zdolności jakościowej procesu.

Następną miarą zdolności jakościowej procesu produkcyjnego jest wskaźnik  $C_{pk}$ .



Rys. 1. Przykłady różnych rozkładów parametrów procesu;  $\mu$  – wartość średnia parametru procesu

### 3. WSKAŹNIK POŁOŻENIA WARTOŚCI ŚREDNIEJ ROZKŁADU PARAMETRU - $C_{pk}$

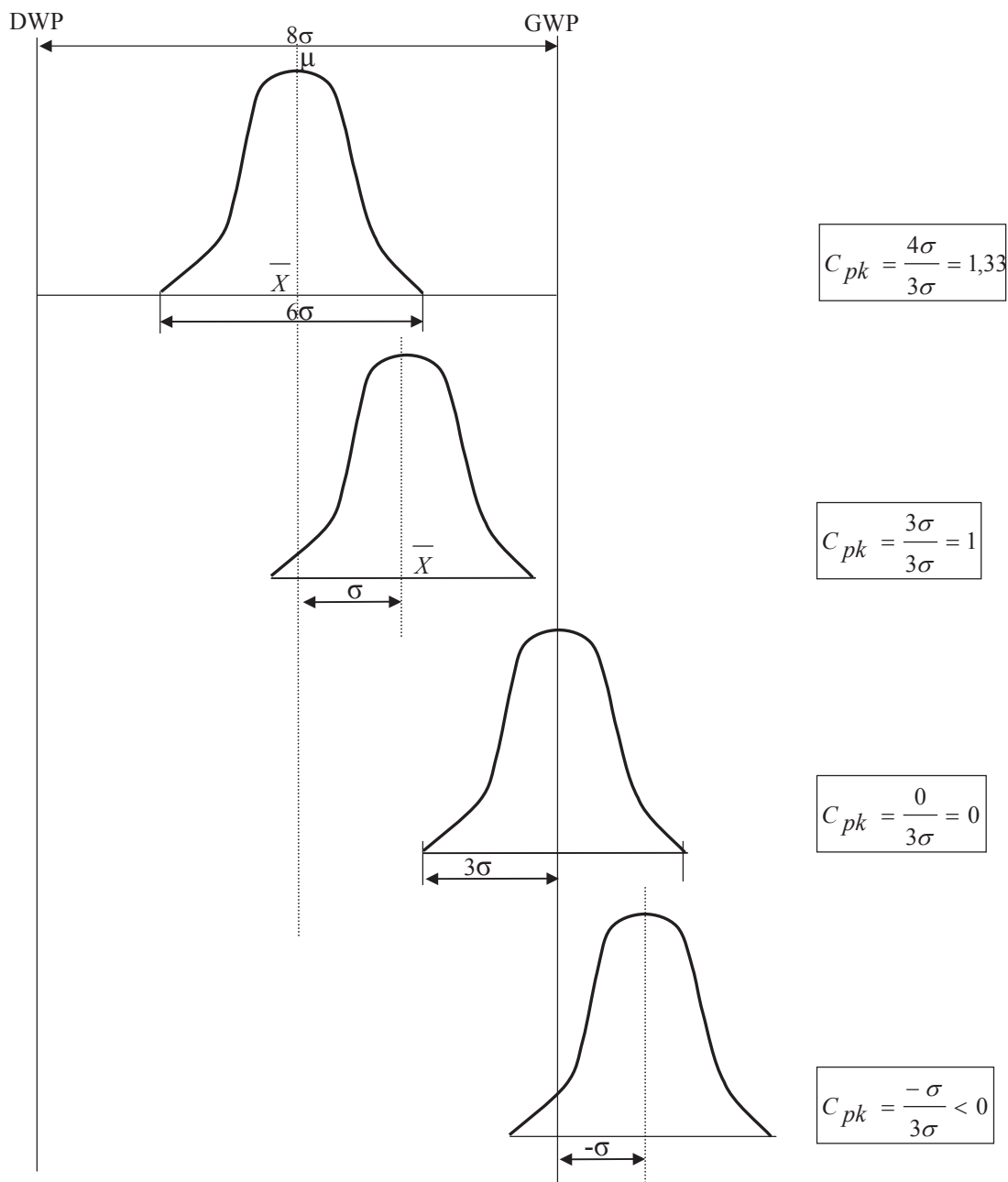
Wskaźnik położenia rozkładu parametru procesu  $C_{pk}$  jest miarą odległości między rzeczywistą wartością średnią rozkładu -  $\bar{X}$  i środkiem przedziału tolerancji -  $\mu$ .

Wskaźnik  $C_{pk}$  zdefiniowany jest zależnością (2):

$$C_{pk} = \begin{cases} \frac{GWP - \bar{X}}{3\sigma}, & \text{gdy } GWP - \bar{X} \leq \bar{X} - DWP \\ \frac{\bar{X} - DWP}{3\sigma}, & \text{gdy } GWP - \bar{X} > \bar{X} - DWP \end{cases} \quad (2)$$

Charakterystyczne wartości wskaźników  $C_{pk}$  przedstawiono na rys. 2. Diagnozę zdolności jakościowej procesu produkcyjnego dokonuje się na podstawie wartości wskaźników  $C_p$  i  $C_{pk}$  (tab. 1).

Jeżeli  $C_p > 1,66$  i  $C_p = C_{pk}$  to frakcja wadliwych wyrobów wyraża się jednostkami „ppm” (ang. Parts Per Million) – wada może wystąpić na milion wyrobów.



Rys. 2. Przykłady wartości wskaźnika położenia rozkładu  $C_{pk}$

Tabela 1. Diagnostowanie zdolności jakościowej procesu produkcyjnego

Wartość wskaźnika $C_p$	Wartość wskaźnika $C_{pk}$	Diagnoza zdolności jakościowej procesu produkcyjnego
$C_p = 1$	$C_{pk} = 1$	Proces produkcyjny zdolny jakościowo. Frakcja wadliwych wyrobów $F=0,27\%$ .
$C_p < 1$	$C_{pk} > 1$	Proces produkcyjny niezdolny jakościowo wymaga doskonalenia lub poszerzenia tolerancji.
$C_p = 1,33$	$C_{pk} = 1,33$	Proces produkcyjny o dużej zdolności jakościowej. Frakcja wadliwych wyrobów $F=0,006\%$ .
$C_p = 1,66$	$C_{pk} < 1$	Proces produkcyjny niezdolny jakościowo. Na proces oddziałuje czynnik systematyczny. Należy ten czynnik usunąć.
$C_p > 1,66$	$C_{pk} > 1,66$	Zdolność jakościowa procesu produkcyjnego idealna. Frakcja wadliwych wyrobów jest na poziomie „ppm” $F=0,000006\%$ .

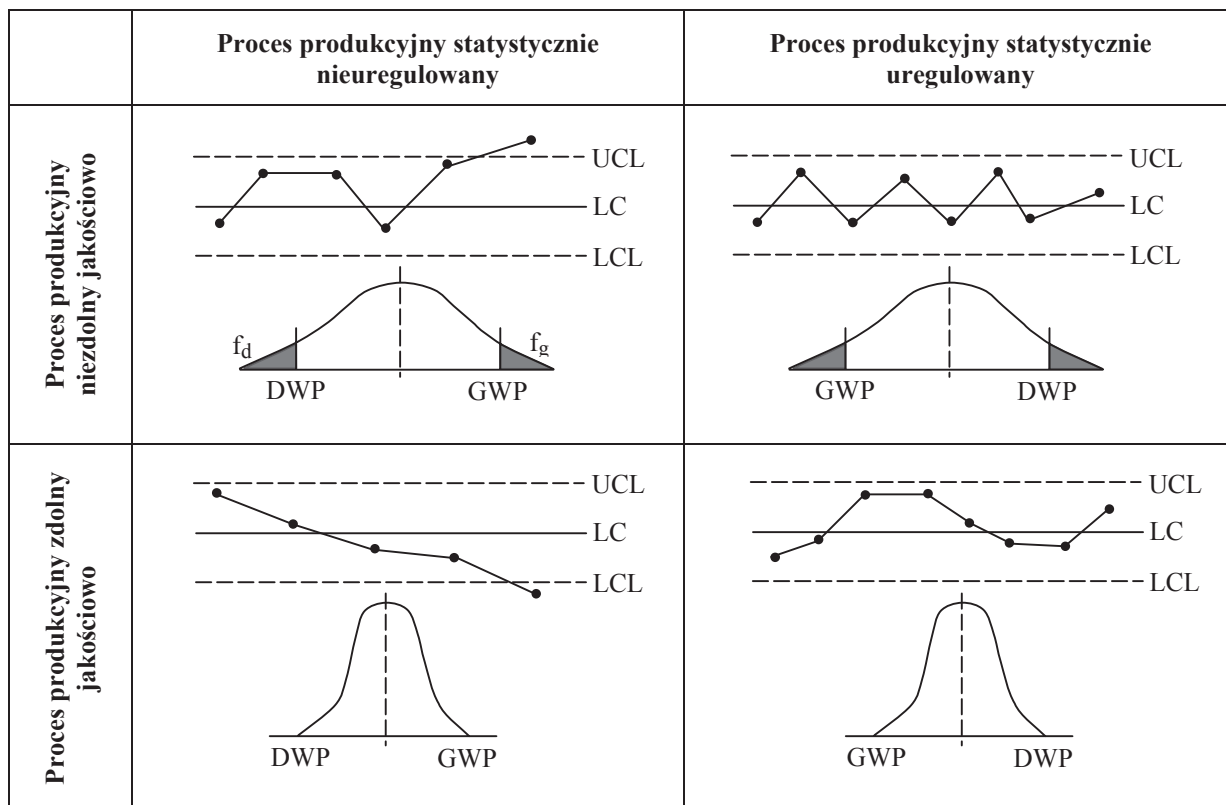
#### 4. STRATEGIA DOSKONALENIA ZDOLNOŚCI JAKOŚCIOWEJ PROCESU PRODUKCYJNEGO

Przy ustalaniu tolerancji parametru procesu należy brać pod uwagę charakter oddziaływania na proces zmiennych naturalnych (losowych) [2] wynikających z dokładności maszyny lub urządzenia technologicznego, jakości narzędzi i mediów technologicznych itp.

Przy odpowiednio dobranych tolerancjach, uwzględniających oddziaływanie czynników

naturalnych i wyeliminowaniu zmiennych systematycznych [2] utrzymanie zdolności jakościowej procesów produkcyjnych jest możliwe z dużym prawdopodobieństwem, a wadliwość wyrobów jest teoretycznie bardzo mała.

Biorąc pod uwagę stany statystycznego uregulowania procesu produkcyjnego, które zostały omówione w opracowaniu [5] oraz stany zdolności jakościowej procesu można wyróżnić cztery sytuacje przedstawione na rys. 3.



Rys. 3. Stany diagnostyczne procesów produkcyjnych. Frakcja wyrobów wadliwych  $F$  jest sumą  $f_d$  – frakcji dolnej i  $f_g$  – frakcji górnej wyrobów wadliwych, UCL – górna linia kontrolna, LCL – dolna linia kontrolna, CL – linia centralna. Opracowanie na podstawie [1].

Podstawą do podjęcia decyzji o kontynuowaniu procesu produkcyjnego jest stan jego zdolności jakościowej bez względu na to czy proces produkcyjny jest statystycznie uregulowany czy też nie.

W przypadku nieuregulowania statystycznego procesu produkcyjnego należy bezwzględnie zidentyfikować i usunąć nielosową (systematyczną) zmienną, która oddziałuje na proces.

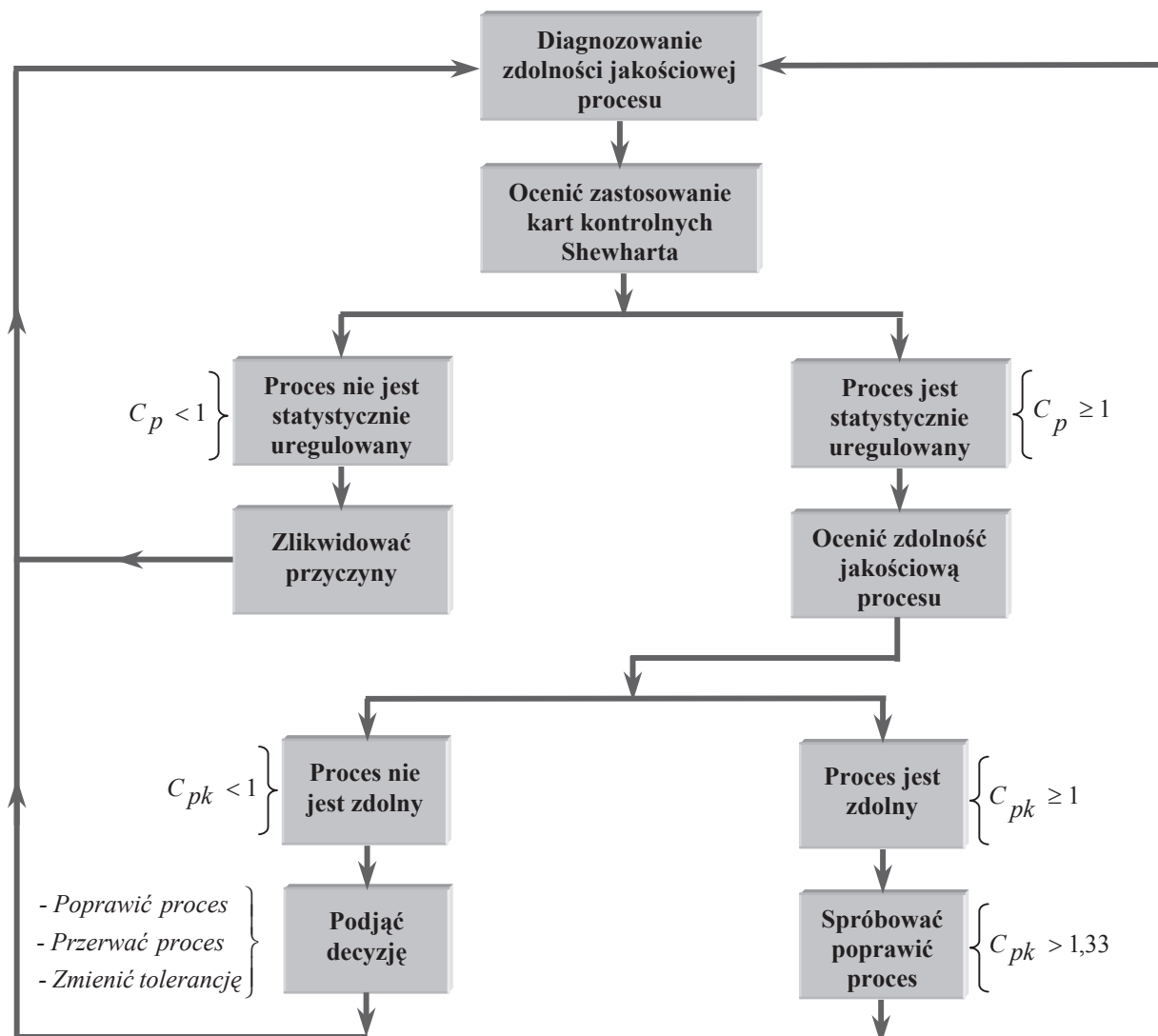
Strategię doskonalenia zdolności jakościowej procesu produkcyjnego z uwzględnieniem stanów uregulowania statystycznego procesów przedstawiono na rys. 4.

#### 5. PRZYPADEK – DIAGNOZA STANU ZDOLNOŚCI JAKOŚCIOWEJ PROCESU HARTOWANIA NOŻY SKRAWAJĄCYCH

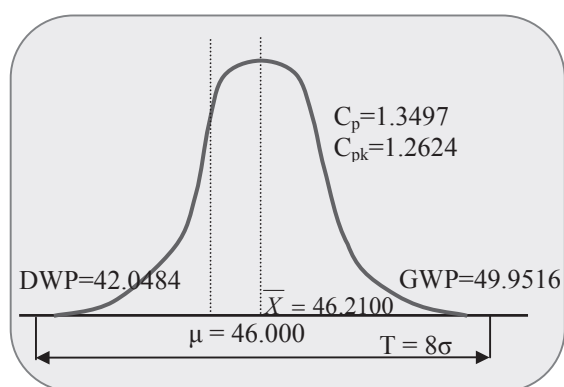
Przedmiotem diagnozy zdolności jakościowej jest proces hartowania noży skrawających produkowanych w firmie FUM „KAMAX” S.A. [3].

W tabeli 2 przedstawiono wyniki pomiarów wartości parametru procesu.

Graficzną postać rozkładu wartości parametru procesu hartowania noży skrawających przedstawiono na rys. 5.



Rys. 4. Algorytm strategii doskonalenia zdolności jakościowej procesu.  
Opracowanie na podstawie PN-ISO 8258+AC1



Rys. 5. Rozkład wartości parametru diagnostycznego procesu hartowania noży skrawających oraz wartości wskaźników zdolności jakościowej procesu hartowania. Źródło [3]

## 6. PODSUMOWANIE

Diagnostowanie zdolności jakościowej procesu produkcyjnego odnosi się do badania oddziaływania

symptomów zmienności na proces w odniesieniu do przyjętych granic tolerancji.

Przy odpowiednio dobranych tolerancjach, uwzględniających oddziaływanie zmienności losowych, dokładności maszyn i urządzeń technologicznych oraz jakości narzędzi i mediów technologicznych, utrzymanie zdolności jakościowej procesów jest możliwe z dużym prawdopodobieństwem a wadliwość produkcji jest teoretycznie bardzo mała.

W diagnozie zdolności jakościowej procesów produkcyjnych bierze się pod uwagę wskaźniki rozrzutu wartości parametru diagnostycznego procesu  $C_p$  oraz wskaźnik położenia rozkładu wartości parametru diagnostycznego procesu  $C_{pk}$ .

Proces jest jakościowo zdolny gdy  $C_p=C_{pk} \geq 1$ . Wówczas frakcja wyrobów niezgodnych wynosi  $F \leq 0,27\%$ . W niektórych procesach produkcyjnych przemysłu elektronicznego udaje się osiągnąć poziom frakcji mierzony jednostkami „ppm” (wadliwość na milion przypadków).

Tabela 2. Formularz wyników pomiarów parametru procesu

<b>DIAGNOZOWANIE ZDOLNOŚCI JAKOŚCIOWEJ PROCESU</b>									
<b>DANE WEJŚCIOWE</b>									
<b>NAZWA PROCESU</b>					Obróbka cieplna				
<b>NAZWA WYROBU</b>					Nóż skrawający				
<b>WARTOŚĆ NOMINALNA PARAMETRU</b>					46 HRC				
<b>TOLERANCJA PARAMETRU</b>					DWP = 4, GWP = 4				
<b>LICZBA POMIARÓW</b>					100				
<b>WYNIKI POMIARÓW</b>									
45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.500	45.500
45.500	45.500	46.000	46.000	46.000	46.000	46.000	46.000	46.000	46.000
46.000	46.000	46.000	46.000	46.000	46.000	46.000	46.000	46.000	46.000
46.000	46.000	46.000	46.000	46.500	46.500	46.500	46.500	46.500	46.500
46.500	46.500	46.500	46.500	46.500	46.500	46.500	46.500	46.500	46.500
47.000	47.000	47.000	47.000	47.000	47.500	47.000	47.000	47.000	47.000
47.000	47.000	47.000	47.000	47.000	47.000	47.000	48.000	48.000	48.000
48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
<b>WYNIKI DIAGNOZOWANIA ZDOLNOŚCI JAKOŚCIOWEJ PROCESU HARTOWANIA</b>									
$\sum X_i = 4621.000$					$C_p = 1.3497$				
$\bar{X} = 46.2100$					$C_{pk} = 1.2624$				
<b>DIAGNOZA ZDOLNOŚCI JAKOŚCIOWEJ PROCESU HARTOWANIA</b>									
$C_p > 1, C_{pk} > 1$									
<b>PROCES ZDOLNY JAKOŚCIOWO</b>									

## 7. LITERATURA

- |   |  |
|---|--|
| <p>[1] Dopke J.: Statystyczny obraz spełnienia wymagań przez proces produkcyjny. Problemy Jakości 10/98. Wyd. SIGMA NOT, Warszawa, 1998.</p> <p>[2] Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. PWN, Warszawa-Poznań, 1998.</p> | <p>[3] Kubicki A.: Metody oceny efektywności systemów jakości w przedsiębiorstwie przemysłowym. IOiZwP ORGMASZ, Warszawa, 2001 (rozprawa doktorska).</p> <p>[4] PN-ISO 8258-1+AC1:1996 Karty Kontrolne Shewharta.</p> <p>[5] Szkoda J.: Wykorzystanie kart kontrolnych Shewharta do diagnozowania stanów statystycznego uregulowania procesów produkcyjnych.</p> |
|---|--|



Prof. dr hab. inż. Jerzy SZKODA jest pracownikiem naukowym Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie oraz Wojskowego Instytutu Techniki Pancernej i Samochodowej w Sulejówku. Jest członkiem Sekcji Podstaw Eksploatacji KBM Polskiej Akademii Nauk, Polskiego Towarzystwa Naukowego Motoryzacji. Jego zainteresowania naukowe obejmują zagadnienia dotyczące eksploatacji maszyn i urządzeń technicznych oraz systemów zarządzania jakością i sterowania jakością produkcji maszyn.