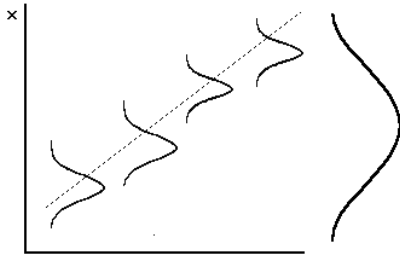


## Trend esetén alkalmazható ellenőrző kártyák

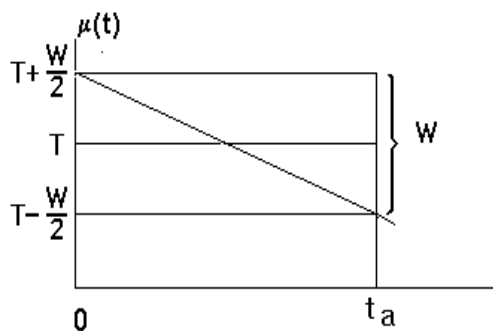
Elkerülhetetlen egyirányú változás, pl. szerszámok kopása; oldószer állandó párolgása, és így a festék koncentrációja a nyomdagépen; elektrolitikus bevonatképzéskor az oldat hígulása; gép melegedésének hatása



SPC

22

Egy furat névleges átmérője 20 mm,  
 $USL=20.021$  mm;  $LSL=20.0$  mm;  $T=20.0105$  mm.  
A szerszám kopása miatt a tényleges furat-átmérő egyre csökken.  
Minden minta 3 elemű, összesen 500 adatot ábrázoltunk.  
Az ingadozás szórása 0.0006 mm.

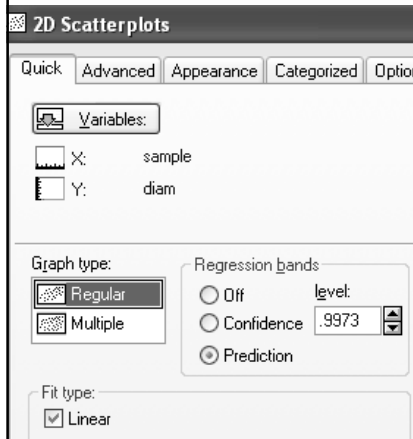


SPC

23

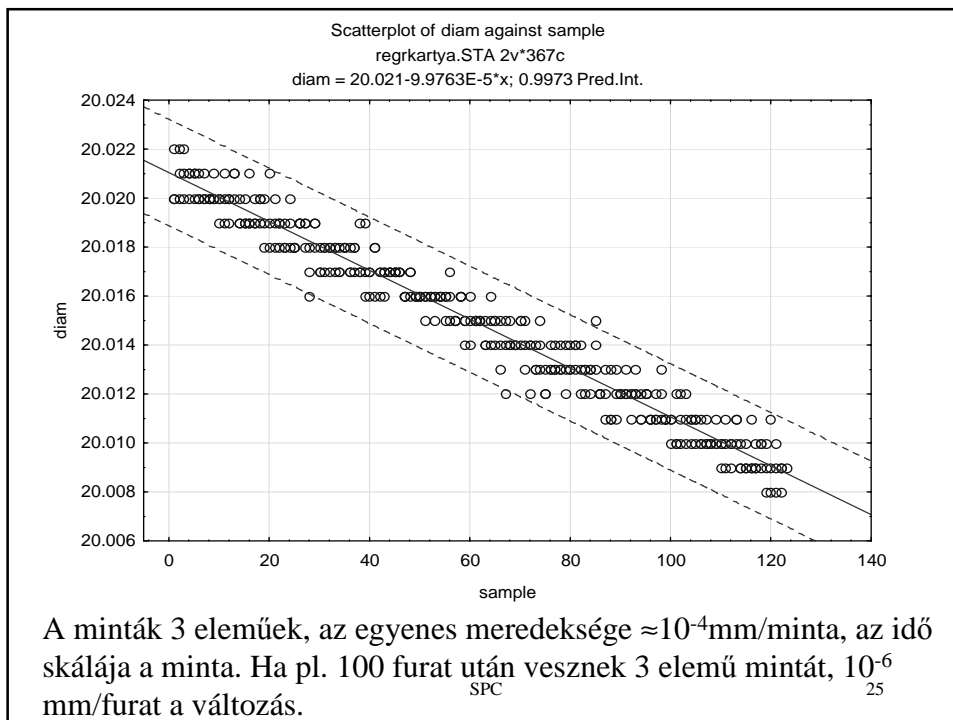
## Regressziós ellenőrző kártya

Az egyirányú változást tudomásul vesszük, de az attól való eltérésnek véletlenszerűnek kell lennie.



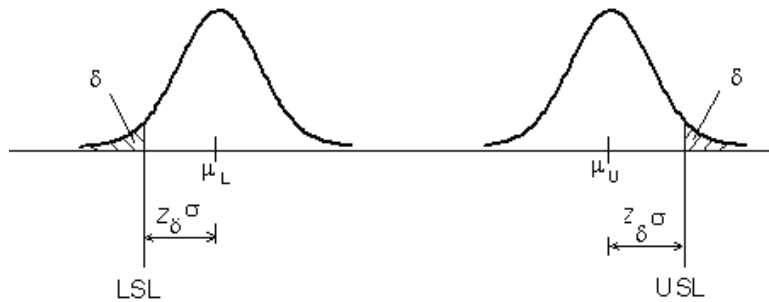
SPC

24



## Módosított határu átlag-kártya

Hol legyen az átmérő várható értéke induláskor és a végén?



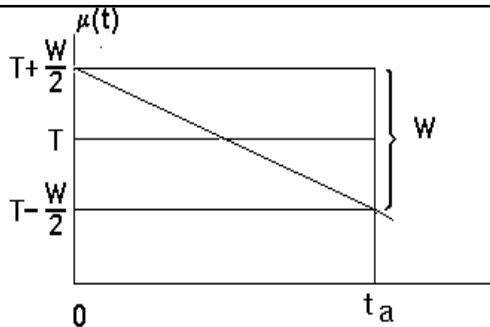
$$\mu_L = LSL + z_\delta \sigma$$

$$\mu_U = USL - z_\delta \sigma$$

$$W = \mu_U - \mu_L = USL - LSL - 2(z_\delta \sigma)$$

SPC

26



(az idő skálája a minta)

$$W = \mu_U - \mu_L = USL - LSL - 2(z_\delta \sigma)$$

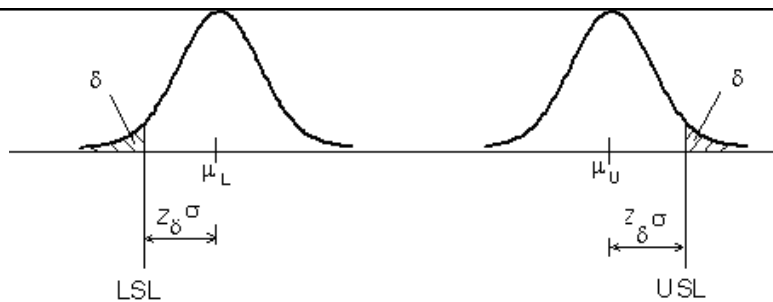
Hol legyenek az átlag-kártyán a beavatkozási határok?

$$UCL = \mu_U + 3\sigma / \sqrt{n} = USL - z_\delta \sigma + 3\sigma / \sqrt{n} = USL - (z_\delta - 3/\sqrt{n})\sigma$$

$$LCL = \mu_L - 3\sigma / \sqrt{n} = LSL + z_\delta \sigma - 3\sigma / \sqrt{n} = LSL + (z_\delta - 3/\sqrt{n})\sigma$$

SPC

27



Legyen a megengedett selejtarány  $2\delta=0.0027$  ( $z_\delta=3$ ).  
 Milyen furat-átmérővel kezdjük, és milyen alsó beavatkozási határig folytathatjuk a munkát szerszámcsere (beállítás) nélkül?

$$USL=20.021 \text{ mm}; \quad LSL=20.0 \text{ mm}; \quad T=20.0105 \text{ mm}$$

$$LCL = LSL + (3 - 3/\sqrt{n})\sigma = 20 + (3 - 3/\sqrt{3}) \cdot 0.0006 = 20.00076$$

$$\mu_L = 20 + 3 \cdot 0.0006 = 20.0018$$

SPC

28

$$\mu_L = 20 + 3 \cdot 0.0006 = 20.0018$$

$$W/2 = T - \mu_L = 0.0087$$

$$W=0.0174$$

Jelölje  $d$  az egyenes meredekségét

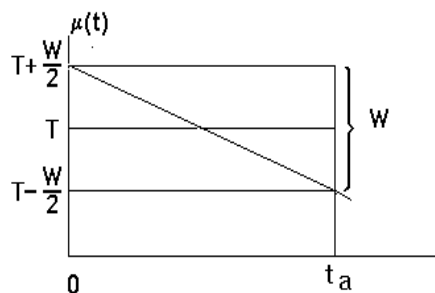
A szerszámcsere időpontja:

$$t_a = \frac{W}{d} = \frac{0.0174}{10^{-4}} = 174$$

174 mintányi furat készíthető egy dörzsárral, ha azt akarjuk, hogy az összes elkészült furat 99.73%-a 99.73% biztonsággal a tűrésmezőn belül legyen. Ha például a 3 elemű mintát minden 100 furat után vették ki, akkor az 174 mintányi furat 17400 furatot jelent.

SPC

29



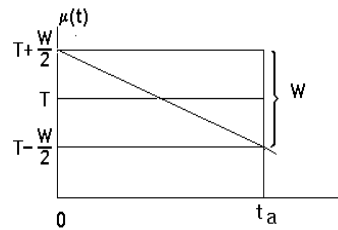
A szerszámcsere optimális időpontja Taguchi módszere szerint

$$E[L(x)] = k[\sigma^2 + (\mu - T)^2] \quad \mu = \mu(t)$$

A trend miatti veszteség integrális átlaga:

$$L_A = \frac{k}{t_a} \int_0^{t_a} [\mu(t) - T]^2 dt$$

$$\mu(t) = \mu(0) - \frac{W}{t_a} t = T + \frac{W}{2} - \frac{W}{t_a} t$$



a meredekség:  $d = \frac{W}{t_a}$

Az átlagos veszteség egy termék-egyedre:

$$L_A = \frac{k}{t_a} \int_0^{t_a} \left( \frac{W}{2} - \frac{W}{t_a} t \right)^2 dt = \frac{k}{t_a} \int_0^{t_a} \left( \frac{W^2}{4} - \frac{W^2}{t_a} t + \frac{W^2}{t_a^2} t^2 \right) dt = \frac{kW^2}{12}$$

Ha a termék-egyedek keletkezési sebessége  $v$ , a  $t_a$  beállítási időpontig az előálló átlagos összes veszteség (az eltolódás miatt):

$$L_{\bar{v}} = L_A t_a v = \frac{kW^2 t_a v}{12} = \frac{kW^3 v}{12d}$$

A beállítás akkor indokolt, amikor az egyre növekvő eltolódás miatti növekvő veszteség meghaladná a csere  $C_A$  költségét, vagyis

$$L_v = \frac{kW^3v}{12d} \geq C_A \quad W \leq \sqrt[3]{\frac{12dC_A}{kv}}$$

$v$  a termék-egyedek keletkezési sebessége  
 $k$  a Taguchi-féle négyzetes veszteségfüggvény együtthatója

Pl. legyen a dörzsár cseréjének költsége  $C_A = 1000$  Ft.

Fejezzük ki a termék-egységre eső veszteséget, ha egy mintára (3 furathoz tartozó darabokra) a selejtes alkatrész költsége 100Ft!  
 Ha egy mintát pl. 100 furat elkészítése után vesznek, a selejt-költség 1Ft/furat.

$$L(x) = k(x - T)^2$$

$$T = 20.0105 \text{ mm}; \quad USL = 20.021 \text{ mm}; \quad LSL = 20.0 \text{ mm}$$

$$L_1 = 100\text{Ft} = k\Delta^2 = k \cdot 0.0105^2 \therefore k = \frac{100}{0.0105^2} = 9.07 \cdot 10^5 \text{ Ft/mm}^2$$

Az idő skálájának egysége legyen az egy minta vételéhez tartozó idő (vagyis az időegység alatt vett minták száma  $v=1$ ).

Ekkor  $t_a$  az minta-szám, amely után szerszámot kell cserélni.

Az eltolódás meredeksége (drift)  $d=10^{-4}$  mm/minta, a furatok méret-ingadozási szórása 0.0006 mm.

$$W = \sqrt[3]{\frac{12C_A d}{k_v}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 1000 \cdot 10^{-4}}{9.07 \cdot 10^5}} = 0.01098 \text{ mm}$$

a 0.0171 helyett

A szerszámcsere időpontja:

$$t_a = \frac{W}{d} = \frac{0.01098}{10^{-4}} = 109.8 \quad \text{a 174 helyett}$$

Vagyis 110 mintához tartozó furat legyártása után kell szerszámot cserélni a 174 helyett. Ha egy mintát pl. 100 furat elkészítése után vesznek, 11000 furat legyártása után kell szerszámot cserélni a 17400 helyett

A veszteség 110 mintához tartozó furat után cserélve a szerszámot 1000 Ft/minta (10Ft/furat), 174 mintához tartozó furat után 3980 Ft/minta (39.8Ft/furat).