



## HODNOTENIE SPÔSOBILOSTI VSTREKOVACIEHO LISU PRI VÝROBE VÝROBKOV Z PLASTU

KATARÍNA LESTYÁNSZKA ŠKŮRKOVÁ - IVAN KOBLEN

### THE INJECTION MOLDING MACHINE CAPABILITY STUDY BY THE PRODUCTION OF PLASTIC PRODUCTS

#### ABSTRAKT

Spôsobilosť výrobného zariadenia charakterizuje schopnosť výrobného zariadenia poskytovať výrobky splňujúce požadované kritéria kvality. [5] Zabezpečenie spôsobilosti výrobného zariadenia a procesu v súčasnosti znamená záruku, že vyrábané výrobky budú v súlade s požiadavkami na ne kladenými, či už zo strany organizácie alebo zo strany zákazníka. Tento príspevok je zameraný na hodnotenie spôsobilosti vstrekovacieho lisu v procese výroby plastových krabičiek pri výrobe výrobku - "Box Finger Cot" v spoločnosti zameranej na výrobu výrobkov pre zdravotníctvo. Vstrekovací lis je hodnotený pomocou regulačných diagramov meraním, konkrétne regulačného diagramu pre priemer a smerodajnú odchýlku ( $X$ ,  $s$ ). Na základe posúdenia regulačných diagramov môžeme povedať, že proces vstrekovania je pod štatistickou kontrolou. Normalita nameraných údajov bola overená pomocou histogramu. Tým pádom môžeme pristúpiť k výpočtu indexov spôsobilosti výrobného zariadenia  $C_m$  a  $C_{mk}$ , ktoré sú vyššie ako predpísané hodnoty pre index  $C_m$  1,66 a 1,67 pre  $C_{mk}$ . Dosiahnuté hodnoty sú:  $C_m = 2,18$  a  $C_{mk} = 2,13$ .

**Kľúčové slová:** proces1, stabilita2, normalita3, spôsobilosť4, výrobné zariadenie5

#### ABSTRACT

The production machine capability is defined as the machine's ability to produce products complying required quality criterion. Ensuring the production machine and process capability currently means the warranty, that produced products will be in accordance with requirements - from company's side or from customer's side. This article has been handled of statistics control of the injection molding machine in process capability by production of plastic product "Box Finger Cot" in the company which is focused on products for healthcare. The injection molding machine is evaluated by control charts, specifically by control chart for average and standard deviation ( $X$ ,  $s$ ). As the result showed, on the basis of diagram for average and standard deviation, we are able to say that the injection process is under the statistical control. The normality of measured values was confirmed by histogram. Also we had finished the request for capability of production machine, where the indexes of machine capability  $C_m$  and  $C_{mk}$  are higher than the determined value on 1,66 point for  $C_m$  and 1,67 point for  $C_{mk}$ . Obtained values are:  $C_m = 1,68$  and  $C_{mk} = 1,55$ .

**Key words:** process1, stability2, normality3, capability4, production machine5

#### ÚVOD

Spôsobilosť výrobného zariadenia vyjadruje možnosti výrobného zariadenia a je vhodnou informáciou na jeho posúdenie pri nákupoch, po opravách, modernizáciách, pri zmenách výrobného sortimentu a pod. [4]

Pokiaľ má byť nasadené do výroby nejaké výrobné zariadenie, je potrebné najprv zistiť, či je spôsobilé s dostatočnou istotou vyrábať výrobky v požadovaných parametroch.

Najprv sa zisťuje spôsobilosť výrobného zariadenia u výrobcu, ešte pred jeho dodaním používateľovi, aby sme získali dôkaz o výkone daného výrobného zariadenia. Táto skúška sa spravidla opakuje ešte raz po inštalácii stroja u používateľa. Pri výrobných zariadeniach, ktoré sú už k dispozícii, prípadne pri výrobných zariadeniach po oprave, je postup rovnaký. Ak prebehne skúška s kladným výsledkom, nasleduje posúdenie spôsobilosti výrobného zariadenia.

Cieľom zisťovania spôsobilosti stroja je dôkaz že:

- výroba na výrobnom zariadení prebieha v známych zákonitostiach (pozri časť 11.4.1.1). Ak takú zákonitosť nezistíme, potom nie je možné určiť spôsobilosť výrobného zariadenia, zvlášť nie je prípustné priradovať stroju štatisticky vypočítanú hodnotu vyjadrujúcu túto spôsobilosť,
- výrobné zariadenie je schopné vyrábať v požadovaných toleranciách. Dôkaz o tom môže poskytnúť len nájdená zákonitosť.

Cieľom skúmania spôsobilosti výrobného zariadenia je dôkaz, že posudzovaný proces je schopný plniť trvale kvalitné požiadavky, ktoré sú na ňu kladené. Postup skúmania spôsobilosti výrobného zariadenia zahŕňa dlhodobé posudzovanie, ktoré má za cieľ určiť všetky vplyvy pôsobiace na proces. [2]

Postup:

- - voľba kontrolných znakov,
- - okrajové podmienky,
- - získavanie údajov,
- - vyhodnotenie nameraných hodnôt. [1]

Je taktiež vhodné overiť normalitu získaných údajov pomocou histogramu alebo pravdepodobnostnej siete. Následne môžeme pristúpiť k výpočtu indexov spôsobilosti výrobného zariadenia, ktoré sa označujú  $C_m$  a  $C_{mk}$ . [3]



## MATERIÁL A METÓDY

### Popis procesu:

Pracovná operácia: *vstrekovanie plastov*

Znak: *váha plastovej krabičky*

Výrobné zariadenie: *Vstrekovací lis Zafir Plastics Machinery*

Menovitá hodnota: 16,000 g

Dolná tolerančná medza (LSL): 15,8 g

Horná tolerančná medza (USL): 16,2 g

Počet meraní:  $N = 50$  v rade za sebou

Rozsah podskupiny:  $n = 5$

Interval odberov: 1 deň

Počet podskupín:  $k = 10$

Vzhľadom na uplatnenie štatistických metód v organizácii sídliacej na východnom Slovensku a zaoberajúcej sa výrobou výrobkov pre zdravotníctvo sa v príspevku venujeme štatistickému vyšetrovaniu spôsobilosti výrobného zariadenia pri výrobe výrobku "Box Finger Cot" v súvislosti so štatistickou reguláciou procesu. Kritériom pre hodnotenie spôsobilosti sú ukazovatele  $C_m$  a  $C_{mk}$ . Z pohľadu špecifikácie výrobku je za kritický znak považovaná váha plastovej krabičky, pričom za znak kvality je volený váha 16,000 g  $\pm 0,2$  g. Normalitu nameraných hodnôt posúdime pomocou histogramu. Pri posudzovaní spôsobilosti procesu lisovania budeme používať Shewhartov regulačný diagram pre priemer a smerodajnú odchýlku ( $\bar{X}$ ,  $s$ ).

### Postup výpočtu:

Priemerná hodnota znaku v podskupine sa vypočíta podľa rovnice:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (1)$$

pre  $i = 1, 2, \dots, k$ , a  $j = 1, 2, \dots, n$

kde:  $i$  – poradové číslo podskupiny,

$j$  – poradové číslo nameranej hodnoty v podskupine,

$k$  – počet podskupín,

$n$  – rozsah podskupiny,

$X_{ij}$  – nameraná hodnota v  $i$  – tej podskupine.

Smerodajná odchýlka v podskupine:

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2} \quad (2)$$

pre  $i = 1, 2, \dots, k$ .

Vypočítané hodnoty  $\bar{X}_i$  a  $s_i$  sa nanesú do diagramu na  $\bar{X}$  – karte a  $s$  – karte. Aby sme dostali vhodnú mierku pre obidva typy diagramov, je potrebné najskôr vypočítať extrémne hodnoty  $\bar{X}_{max}$ ,  $\bar{X}_{min}$ ,  $s_{max}$ .

Stanoví sa spoločná priemerná hodnota  $\bar{X}$ :

$$\bar{X} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{X}_i \quad (3)$$

a priemerná smerodajná odchýlka  $s$ :

$$s = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i \quad (4)$$

Smerodajná odchýlka sa vypočíta:

$$\sigma_{N-1} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_N)^2} \quad (5)$$

kde:  $N$  – celkový počet nameraných hodnôt,

$\bar{X}_N$  – priemerná hodnota vypočítaná zo všetkých meraní:

$$\bar{X}_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (6)$$

kde:  $i = 1, 2, \dots, N$ ,

$X_i - i$  – tá hodnota nameraného znaku.

### Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchýlku

Strednú polohu skúmaného procesu možno považovať za stabilnú, pokiaľ jednotlivé hodnoty  $\bar{X}$  neprekračujú hornú medzu zásahu HMZ:

$$HMZ_{\bar{X}} = \bar{X} + 1,3 \cdot \bar{s} \geq \bar{X}_{\max} \quad (7)$$

alebo dolnú medzu zásahu DMZ:

$$DMZ_{\bar{X}} = \bar{X} - 1,3 \cdot \bar{s} \leq \bar{X}_{\min} \quad (8)$$

Ak je najväčšia zistená smerodajná odchýlka z päťčlenných skupín  $s_{\max}$  menšia ako  $2,1 \cdot s$ , potom môžeme považovať štandardnú odchýlku za stabilnú.

$$HMZ_s = 2,1 \cdot s \geq s_{\max} \quad (9)$$

Pojmom „medza zásahu“ je v tomto odstavci treba rozumieť medznú hranicu 99 % prípadného pásma rozptylu strednej hodnoty  $\bar{X}$ , prípadne smerodajnej odchýlky  $s$ , pretože tento pojem tu nie je v zmysle SPC prípustný.

**Index spôsobilosti výrobného zariadenia  $C_m$**  sa vypočíta podľa rovnice:

$$C_m = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \sigma_{N-1}} = \frac{T}{6 \cdot \sigma_{N-1}} \quad (10)$$

kde:  $T$  – tolerancia znaku,

$USL, LSL$  – horná a dolná tolerančná medza alebo horná a dolná medzná hodnota.

Tento index poskytuje informáciu o tom, v akej miere využíva rozptyl nameraných hodnôt predpísanú toleranciu. Vyhodnotenie však neberie do úvahy polohu nameraných hodnôt v tolerančnom poli. Z tohto dôvodu môže byť hodnota  $C_m$  vypočítaná podľa vyššie uvedeného vzorca použitá jedine pre regulovateľné procesy. Pri regulovateľných procesoch musí byť možné umiestniť strednú hodnotu z nameraných hodnôt do stredu tolerančného poľa.

Minimálna požiadavka na hodnotu  $C_m$  pre spôsobilé výrobné zariadenie:

$$C_m \geq 1,66.$$

Do tejto medznej hodnoty je zahrnutý aj podiel rozptylu meracieho zariadenia, vrátane neistoty nastavenia pri určovaní meraných hodnôt. Rozptyl meracieho prístroja  $S_M$  by v tomto prípade nemal byť väčší ako 20 % tolerancie. Ak je stanovená hodnota  $C_m$  väčšia alebo rovná 1,66, tak je požadovaná spôsobilosť výrobného zariadenia dosiahnutá.

**Index spôsobilosti výrobného zariadenia  $C_{mk}$**  zohľadňuje proti indexu  $C_m$  ešte polohu strednej hodnoty  $\bar{X}_N$  v tolerančnom poli. Vzďialenosť strednej hodnoty od hranice tolerančného poľa je trojnásobok veľkosti smerodajnej odchýlky.

$$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}_N}{3 \cdot \sigma_{N-1}} \quad (11)$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{X}_N - LSL}{3 \cdot \sigma_{N-1}} \quad (12)$$

Pre vyhodnotenie sa použije menšia hodnota z oboch vzorcov.

Minimálna požiadavka na hodnotu  $C_{mk}$  pre spôsobilé výrobné zariadenie:

$$C_{mk} \geq 1,67.$$

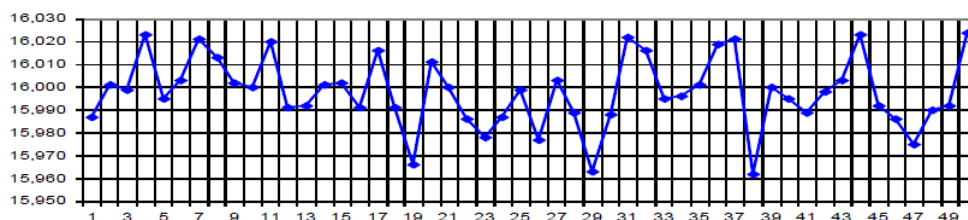
Výpočet indexu spôsobilosti stroja  $C_{mk}$  má zmysel pre regulovateľné procesy a je zvlášť dôležitý pre neregulovateľné procesy (napr. odchýlka tvaru a polohy, drsnosť povrchu). [2]

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V procese vstrekovania plastov pri výrobe výrobku s názvom "Box Finger Cot" sme meraním získali hodnoty pre 10 podskupín. Namerané hodnoty 50 váh krabičiek získané v rade za sebou sú uvedené v tabuľke 1 a na obr. 1 môžeme vidieť priebeh jednotlivých hodnôt.

Tabuľka 1 Namerané hodnoty váh krabičiek

	1	2	3	4	5	výberový priemer	smerodajná odchýlka
1	15,987	16,020	16,000	16,022	15,989	16,004	0,015
2	16,001	15,991	15,986	16,016	15,998	15,998	0,010
3	15,999	15,992	15,978	15,995	16,003	15,993	0,009
4	16,023	16,001	15,987	15,996	16,023	16,006	0,015
5	15,995	16,002	15,999	16,001	15,992	15,998	0,004
6	16,003	15,991	15,977	16,019	15,986	15,995	0,015
7	16,021	16,016	16,003	16,021	15,975	16,007	0,017
8	16,013	15,991	15,989	15,962	15,990	15,989	0,016
9	16,002	15,966	15,963	16,000	15,992	15,985	0,017
10	16,000	16,011	15,988	15,995	16,024	16,004	0,013



Obr. 1 Karta jednotlivých hodnôt

Vypočítané charakteristiky  $\bar{X}$  a  $s$  sú nanesené v regulačných diagramoch. Na obr. 2 je zostrojený regulačný diagram pre smerodajnú odchýlku  $s$  a na obr. 3 je regulačný diagram výberových priemerov  $\bar{X}$ . Do regulačných diagramov sa ďalej zakreslili regulačné medze a centrálné priamky.

$$UCL_X = 16,016$$

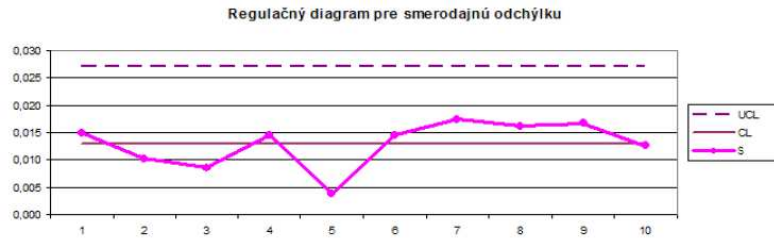
$$CL_X = 15,998$$

$$LCL_X = 15,979$$

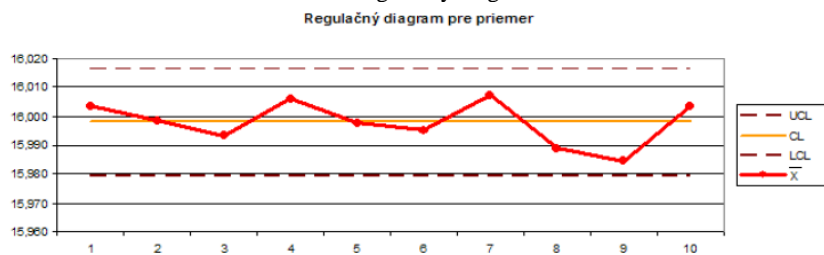
$$UCL_s = 0,027$$

$$CL_s = 0,013$$

$$LCL_s = 0$$



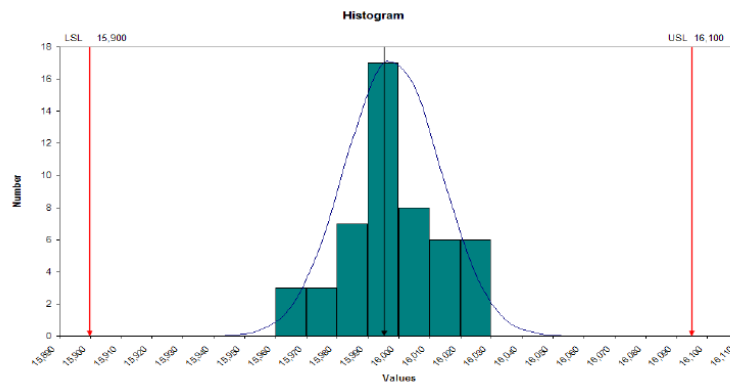
Obr. 2 Regulačný diagram  $s$



Obr. 3 Regulačný diagram  $\bar{X}$

Hodnoty nanesené do regulačných diagramov pre smerodajnú odchýlku ako aj pre priemer sa nachádzajú vnútri regulačných hraníc, na proces nepôsobia žiadne vymedziteľné príčiny a preto môžeme skonštatovať, že proces je stabilný a v štatisticky zvládnutom stave.

Pre určenie tvaru rozloženia nameraných hodnôt bol zostrojený histogram, ktorý môžeme vidieť na obr. 4.



Obr. 4 Histogram

Z histogramu vyplýva, že namerané hodnoty sú vnútri tolerančných hraníc a tieto hodnoty podliehajú normálnemu rozdeleniu.

Následne sme pristúpili k stanoveniu medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchýlku:

$$\bar{x}_{\max} = 16,007$$

$$\bar{x}_{\min} = 15,985$$

$$s_{\max} = 0,017$$

$$\bar{x} = 15,998$$

$$s = 0,012962$$

Stanovenie medzných hodnôt:

$$HMZ_{\bar{x}} = 16,014 \geq 16,007$$

$$DMZ_{\bar{x}} = 15,981 \leq 15,998$$

$$HMZ_s = 0,027 \geq 0,017$$

Výpočet ukazovateľov spôsobilosti výrobného zariadenia:

$$\bar{X}_N = 15,998$$

$$\sigma_{N-1} = 0,015317$$

$$C_m = 2,18$$

$$C_{mk} = 2,13$$

## ZÁVER

Spôsobilosť výrobného zariadenia - vstrekovacieho lisu - v procese vstrekovania pri výrobe plastových krabičiek "Box Finger Cot" dokázala, že výrobné zariadenie je v procese vstrekovania schopné poskytovať výrobky, ktoré spĺňajú požadované kritéria kvality zákazníka. Výsledky spôsobilosti výrobného zariadenia  $C_m = 2,18$  a  $C_{mk} = 2,13$  sú dôkazom, že výrobné zariadenie je schopné trvalo poskytovať výrobky vyhovujúce tolerančným medziam. Regulačné diagramy sú vhodnou grafickou formou testovania pravdepodobnostných hypotéz. Na základe takto získaných údajov pripúšťame výpočet ukazovateľov spôsobilosti a hodnotíme spôsobilosť výrobného zariadenia. Tieto informácie sú pre organizáciu signálom na zlepšovanie kvality a dôkazom pre zákazníka o stabilných výrobných podmienkach.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] HRUBEC, J.: Riadenie kvality. Nitra: SPU v Nitre, 2001. s.203. ISBN 80-7137-849-6
- [2] HRUBEC, J. – KRCHNÁK, P. – LESTYÁNSZKA, K.: Inžinierstvo kvality produkcie. 1. Vyd., Vydavateľstvo SPU v Nitre, Nitra, 2014, 166 s. ISBN 978-80-552-1174-9
- [3] HRUBEC J., VIRČÍKOVÁ, E: Integrovaný manažérsky systém. Nitra: SPU v Nitre, 2009. s.543. ISBN 978-80-552-0231-0
- [4] KUČEROVÁ, M. – LESTYÁNSZKA, K.: Štatistické metódy kontroly kvality. 1. Vyd., Trnava: AlumniPress MTF STU, 2011, 150 s. ISBN 978-80-8096-146-6
- [5] KUDIČOVÁ, J.: Posúdenie spôsobilosti procesu výroby výrobku "Box Finger Cot". Diplomová práca. MTF STU so sídlom v Trnave, 2012.
- [6] NENADÁL, Jaroslav a kol. *Moderní management jakosti*, Praha: Managment press, 2008, 378 s. ISBN 978-80-7261-186-7

## ADRESY AUTOROV:

**Katarína LESTYÁNSZKA ŠKŮRKOVÁ, Ing. PhD.**, MTF STU so sídlom v Trnave, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, 917 24 Trnava, e-mail: katarina.skurkova@stuba.sk

**Ivan KOBLEN, Ing. PhD.**, MTF STU so sídlom v Trnave, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, 917 24 Trnava, e-mail: katarina.skurkova@stuba.sk

### **RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU**

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

### **REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS**

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*