



HODNOTENIE SPÔSOBILOSTI MERADIEL

Miroslava Ťavodová

Abstract

In manufacturing processes to produce a product that must be reliably inspected. For this inspect is necessary to use precision measuring instruments. Their reliability can be evaluated by various statistical methods. The article describes the process of assessing the instrument capability by capability indices C_{gm} and C_{gmk} . Their evaluation can determine whether the instrument is appropriate - capable for use in the production process. This method is used for assessing the complex capability of processes. It is an integral part of the overall program quality improvement.

Key words: *capability indices, capability of instruments, measuring instrument, quality.*

ÚVOD

Veda a technika sa vždy opierali o meranie. Používanie technicky vhodných a ekonomicky výhodných meradiel, meracích prístrojov a zariadení ako i metód, má významný vplyv na kvalitu procesov a produktov každej organizácie.

V každom systéme riadenia je možné vymedziť podsystem - systém manažérstva merania. Všeobecne je definovaný ako súbor vzájomne súvisiacich alebo vzájomne pôsobiacich prvkov potrebných na dosiahnutie metrologickej konfirmácie vykonávaných meraní a sústavného riadenia odpovedajúcich procesov merania.

Pod pojmom meranie rozumieme experimentálny postup, pri ktorom sa zisťuje špecifikovaná hodnota fyzikálnej veličiny ako násobok jednotky, či vzťažnej hodnoty (ŤAVODOVÁ, 2009). Ideálny systém merania produkuje len „správne“ hodnoty merania. Každé meranie by sa malo vždy zhodovať s etalónom. Systém merania by mal produkovať merané hodnoty a medzi ich štatistické vlastnosti by mal patriť nulový rozptyl, nulová systematická chyba, a nulová pravdepodobnosť nesprávneho hodnotenia pri meraní. Systémy merania však také dokonalé vlastnosti nemajú. Kvalita systému merania je obvykle určená výhradne štatistickými vlastnosťami produkovaných údajov. Netreba na druhej strane zabúdať aj na ostatné vlastnosti, ako sú napr. náklady, jednoduchosť použitia a pod., rovnako dôležité pre celkovú prijateľnosť systému merania. (HRUBEC, 2001).

V každom odvetví národného hospodárstva, či je to drevársky alebo strojársky, je potrebné zabezpečiť kvalitu produkcie. Menej zložitá meradlá, používané vo výrobných prevádzkach ako sú mikrometre, posuvné meradlá a pod. sú využívané v ktorýchkoľvek druhoch výroby a sú nevyhnutnou súčasťou celého kontrolného systému.

Hodnotenie spôsobilosti meradla je podľa (HRUBEC, 2001) jedna zo štatistických metód zameraných na systémy merania často používaných v priemysle.

METODIKA

Tak ako je spôsobilosť procesu schopnosť procesu dodržať technické parametre zadané požadovanou hodnotou a tolerančnými medzami, posudzovaná indexmi spôsobilosti procesu, tak aj posúdenie spôsobilosti meracieho zariadenia/meradla vypovedá o funkčnej spôsobilosti meracieho zariadenia a o správnosti nameraných údajov. Aj keď je nevyhnutná pravidelná kalibrácia všetkých meradiel využívaných priamo alebo nepriamo vo výrobnom procese, je pre zlepšovanie kvality produktov vhodné využívať aj metódy a postupy hodnotenia kvality systému merania.

Podľa (TEREK, HRNČIAROVÁ, 2004) dôležitým aspektom štatistického riadenia kvality je zabezpečiť prijateľnú spôsobilosť kontrolného systému. Keď sa realizujú merania, môže byť užitočné zohľadniť aj chybu merania alebo variabilitu meradla (meracieho prístroja). Potom teda platí:

$$\sigma_C^2 = \sigma_V^2 + \sigma_M^2$$

σ_C^2 - celkový rozptyl,

σ_V^2 - komponent rozptylu daný variabilitou produktov,

σ_M^2 - komponent rozptylu daný variabilitou meradla.

Na separovanie takýchto komponentov rozptylu a na ohodnotenie spôsobilosti meradla možno využiť niektoré štatistické metódy ako sú napr. regulačné diagramy a indexy spôsobilosti meradla.

Postupy pre vyhodnocovanie štatistických veličín, nevyhnutné pre zistenie spôsobilosti meracieho zariadenia sú: strannosť, opakovateľnosť, reprodukovateľnosť, stabilita a linearita. Popisujú typy chýb alebo variability spojené so systémom merania.

Posúdenie spôsobilosti meracieho zariadenia/meradla vypovedá o funkčnej spôsobilosti meracieho zariadenia a o správnosti nameraných údajov. Ďalej zohľadňuje rozsah vplyvu obsluhy meracieho zariadenia a miesta jeho použitia. Toto posúdenie umožňuje v prípade analýzy chýb zistiť ich príčiny.

Posúdenie spôsobilosti meradla je vhodné vykonávať ak je meradlo/prístroj po oprave, bolo mimo prevádzku dlhšiu dobu (napr. jeden mesiac, pol roka a pod.) alebo je v rámci kontroly meradla stanovená jeho pravidelná kontrola (termíny určené v kontrolnom pláne).

Kontrola spôsobilosti meradla ako jedna zo štatistických metód zameraných na systémy merania používaných v priemysle sa skladá z opakovaných meraní s kalibrovaným normálom v mieste používania meradla/meracieho zariadenia. Menovitú hodnotu normálu X_r je potrebné zvoliť tak, aby sa nachádzala vo vnútri používaného rozsahu meracieho zariadenia. Prednostne sa volí tak, aby ležala v strede tolerancie príslušného znaku.

Výsledky posúdenia charakterizujú indexy spôsobilosti meradla C_{gm} a C_{gmk} :

- index C_{gm} je pomer 0,1 x tolerancia znaku T k trojnásobku smerodajnej (štandardnej) odchýlky S_w opakovaných meraní, vyjadrený vzťahom (3);
- index C_{gmk} je pomer 0,1 x tolerancia znaku T k trojnásobku smerodajnej (štandardnej) odchýlky S_w s prihliadnutím k polohe strednej hodnoty \bar{X}_a nameranej prístrojom/meradlom, vyjadrený vzťahmi (4) a (5);

Pre zisťovanie spôsobilosti meradla bolo vybrané digitálne posuvné meradlo Mitutoyo s rozsahom 0-150 mm a presnosťou merania 0,01 mm. Posuvným meradlom sú vo výrobnom procese merané výberové charakteristiky produktu - lamielok pre výrobu

nášľapnej vrstvy podlahových panelov. Meraná je hrúbka lamielky (znak), ktorej rozmer je stanovený na $h=4,2\pm 0,2$ mm. Aj keď tolerancia produktu je desatinová, bolo vybrané meradlo, ktoré meria s presnosťou na stotiny milimetra.

Postup pre určenie indexu spôsobilosti meracieho zariadenia C_{gm} a C_{gmk} je nasledovný (HRUBEC, 2001):

- ad 1) meranie/posúdenie sa vykoná na mieste použitia meradla;
- ad 2) pred začatím skúšky sa meradlo nastaví, počas skúšky nie je jeho nastavovanie prípustné;
- ad 3) kalibrovacie normály (koncové mierky) sú medzi jednotlivými meraniami vybrané z meracej pozície a opätovne zakladené;
- ad 4) meranie normálu sa uskutočňuje na rovnakom mieste a v rovnakej polohe;
- ad 5) s každým normálom sa uskutoční postupne $n=30$ meraní výberovej charakteristiky produktu za sebou a hodnoty sa zapisujú do tabuľky a vynesú do grafu;
- ad 6) z nameraných hodnôt sa dosadením do vzťahov (1) a (2) vypočítajú stredná hodnota \bar{X}_a a štandardná odchýlka S_w :

$$\bar{X}_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

n – počet meraní,

X_i – i -tá nameraná hodnota.

$$S_w = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_a)^2} \quad (2)$$

- ad 7) následne sa vypočítajú pomocou vzťahov (3), (4) a (5) indexy spôsobilosti C_{gm} a C_{gmk} :

$$C_{gm} = \frac{0,2T}{6.S_w} \quad (3)$$

T – tolerancia znaku

$$C_{gmk} = \frac{(X_r + 0,1T) - \bar{X}_a}{3.S_w} \quad (4)$$

X_r – konvenčne pravá hodnota (hodnota normálu)

$$C_{gmk} = \frac{\bar{X}_a - (X_r - 0,1T)}{3.S_w} \quad (5)$$

- ad 8) pri indexe spôsobilosti C_{gmk} sa berie do úvahy menšia z hodnôt. Kritérium pre posúdenie spôsobilosti meradla:

$$\begin{aligned} C_{gm} &\geq 1,34 \\ C_{gmk} &\geq 1,33 \end{aligned} \quad (6)$$

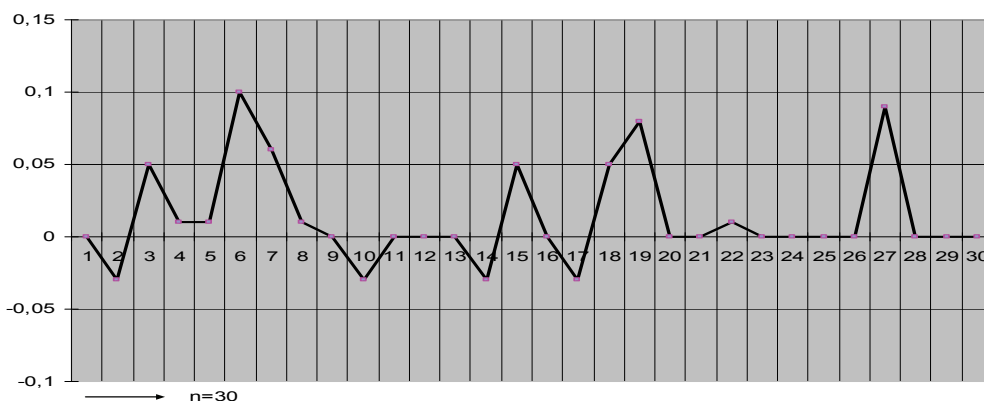
Pri veľmi malých hodnotách C_{gmk} a C_{gm} je potrebné stanoviť príčiny, ktorými môžu byť buď príliš veľká oblasť rozptylu alebo vymedziteľná príčina variability (vymedziteľné príčiny – Assignable Causes – nie sú stálou súčasťou procesu alebo systému alebo neovplyvňujú všetky zložky procesu, ale vznikajú v dôsledku špecifických okolností). Pokiaľ nie sú splnené požiadavky na hodnoty indexov C_{gmk} a C_{gm} , je potrebné zvážiť iný postup hodnotenia.

Hodnota znaku: $h=4,2$ mm, tolerancia $\pm 0,2$ mm.

Podmienky merania: teplota v miestnosti 19°C .

Tabuľka 1 Namerané hodnoty X_i a odchýlky Δ (v mm) od hodnoty $4,2$ mm

X_i	Δ	X_i	Δ	X_i	Δ	X_i	Δ	X_i	Δ	X_i	Δ
4,2	0,0	4,17	-0,03	4,25	0,05	4,21	0,01	4,21	0,01	4,3	0,1
4,26	0,06	4,21	0,01	4,2	0	4,17	-0,03	4,2	0	4,2	0
4,2	0,0	4,17	-0,03	4,25	0,05	4,2	0	4,17	-0,03	4,25	0,05
4,28	0,08	4,2	0,0	4,2	0	4,21	0,01	4,2	0	4,2	0
4,2	0,0	4,2	0,0	4,29	0,09	4,2	0	4,2	0	4,2	0



Obr.1 Grafické zobrazenie priebehu kolísania nameraných hodnôt

Z hodnôt, uvedených v tab. č. 1 boli vypočítané:

Stredná hodnota : $\bar{X}_a = 4,2133$ mm $\approx 4,21$ mm

Smerodajná odchýlka : $S_w = 0,0133$ mm $\approx 0,013$ mm

Ďalej sa pristúpilo ku výpočtu indexov spôsobilosti meradla:

$$C_{gm} = \frac{0,2T}{6 \cdot S_w} = \frac{0,2 \cdot 0,4}{6 \cdot 0,013} = 1,03$$

$$C_{gmk} = \frac{(X_r + 0,1T) - \bar{X}_a}{3 \cdot S_w} = \frac{(4,2 + 0,1 \cdot 0,4) - 4,21}{3 \cdot 0,013} = 0,77$$

$$C_{gmk} = \frac{\bar{X}_a - (X_r - 0,1T)}{3 \cdot S_w} = \frac{4,21 - (4,2 - 0,1 \cdot 0,4)}{3 \cdot 0,013} = 1,28$$

Pre hodnotenie a posúdenie spôsobilosti meradla sa berie do úvahy vždy menšia z hodnôt C_{gmk} , podľa kritéria (6).

Na obr. 1 je grafické zobrazenie priebehu kolísania nameraných hodnôt.

VÝSLEDKY

Pre zisťovanie spôsobilosti meradla pomocou indexov C_{gmk} a C_{gm} bolo vybrané digitálne posuvné meradlo Mitutoyo a merané boli výberové charakteristiky lamielok pre výrobu nášľapnej vrstvy podlahových panelov. Meraná je hrúbka lamielky (znak), ktorej rozmer je stanovený na $h=4,2\pm 0,2$ mm.

Pred začatím skúšky sa meradlo nastavilo na konvenčne pravú hodnotu (hodnota normálu) $X_i = 4,2$ mm, keďže počas skúšky nie je jeho nastavovanie prípustné. Meranie normálu sa uskutočnilo na rovnakom mieste a v rovnakej polohe. Vykonalo sa postupne 30 meraní za sebou a hodnoty sa zapísali do tabuľky 1. Z týchto hodnôt sa vypočítali dve základné štatistické charakteristiky procesu, a to podľa vzťahu (1) priemerná hodnota $\bar{X}_a = 4,21$ mm a podľa vzťahu (2) smerodajná odchýlka $S_w = 0,013$ mm. Pre zistenie spôsobilosti meradla boli podľa vzťahov (3), (4) a (5) vypočítané indexy spôsobilosti C_{gmk} a C_{gm} , pričom pre hodnotenie spôsobilosti meradla/prístroja sa uvažuje menšia z hodnôt indexu C_{gmk} .

Hodnoty indexov spôsobilosti sú $C_{gm} = 1,03$ a menšia hodnota $C_{gmk} = 0,77$. Porovnaním výsledkov z kritériom (6) môžeme konštatovať, že posuvné digitálne meradlo nie je spôsobilé. Graf na obrázku 1 zachytáva priebeh kolísania nameraných hodnôt.

DISKUSIA

Pre hodnotenie spôsobilosti meracích zariadení popisuje (HRUBEC, 2001) štyri metódy. Pri hodnotení spôsobilosti vybraného meradla bola z nich zvolená a použitá metóda, ktorá využíva pre toto hodnotenie indexy spôsobilosti C_{gmk} a C_{gm} . Kontrola spôsobilosti meradla indexmi C_{gmk} a C_{gm} je založená na opakovaných meraniach s kalibrovaným normálom v mieste používania meradla. Podľa dodržanej metodiky práce, vypočítaní indexov spôsobilosti a zostrojení grafu možno konštatovať, že vybrané meradlo nie je spôsobilé.

V praxi sa veľmi často pre názornosť využíva tzv. Formulár pre vyhodnotenie indexu spôsobilosti meradiel. Sú v ňom obsiahnuté vstupné údaje, a to údaje o výrobku, o normále, o kontrolovanom meradle, podmienky merania. Ďalej obsahuje tabuľku nameraných hodnôt, resp. len odchýliek od skutočnej hodnoty znaku a graf, často nazývaný karta jednotlivých hodnôt. Nakoniec sú vo formulári uvedené vypočítané indexy spôsobilosti meradla, tieto hodnoty porovnané s minimálnou požiadavkou na hodnotu indexov C_{gmk} a C_{gm} a v závere konštatovanie, či je meradlo spôsobilé alebo nie.

Indexy spôsobilosti ako nástroj pre posúdenie spôsobilosti meradla ukázali, že aj keď sa pracuje s kalibrovaným meradlom, môže sa toto ukázať ako nevyhovujúce – čiže nie je spôsobilé z hľadiska funkčnej spôsobilosti a poskytovaní správnosti nameraných údajov. Je preto potrebné prehodnotiť jeho ďalšie používanie na kontrolu rozmerov v danom výrobnom mieste.

ZÁVER

V článku je uvedený jeden z metodických postupov kontroly spôsobilosti meradla – digitálneho posuvného meradla z využitím indexov spôsobilosti.

Metódy a postupy hodnotenia kvality systému merania sú nevyhnutnou súčasťou komplexných štúdií – hodnotenia spôsobilosti procesov, strojných zariadení a meracích zariadení/meradiel. Analýza týchto troch prvkov pomocou indexov spôsobilosti, spojených aj s grafickým vyhodnotením, ako sú regulačné karty so Shewhartovými diagramami pre hodnotenie spôsobilosti procesov, karty jednotlivých hodnôt pre hodnotenie spôsobilosti meradiel a strojných zariadení, sa stáva nevyhnutnou súčasťou stabilizácie a zlepšovania kvality produktov vo všetkých výrobných sférach.

LITERATÚRA

- HRUBEC Jozef, 2001 *Riadenie kvality*, Nitra: ES SPU, 2001. ISBN 80-7127-849-6.
HRUBEC Jozef, 2010 *Spôsobilosť meradiel* <http://josef.posta.sweb.cz/KONF/Hrubec.doc>, cit: 31.05.2010
TEREK Milan - HRNČIAROVÁ Ľubica, 2004 *Štatistické riadenie kvality*, IURA EDITION Bratislava 2004, ISBN 80-89047-97-1, s. 106.
ĎAVODOVÁ Miroslava, 2009 Calibration of measures as a basis for product quality assurance. In AMO '2009 : *9th international conference on advanced manufacturing operations proceedings*, Kranevo, Bulgaria. Sofia : DMT Product, 2009. - ISSN 1313-4264. - P. 619-624.

Pod'akovanie

Autor vyjadruje poďakovanie agentúre KEGA za podporu grantového projektu č. 3/6370/08 „Inovatívne postupy výučby výrobných technológií a materiálov na báze elektronického vzdelávania“, v rámci ktorého uvedený príspevok vznikol.