

REPRODUCIBILITY AND REPEATABILITY STUDY FOR MEASUREMENT SYSTEM EVALUATION

Radim Havlásek

Master Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xhavla02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Radovan Novotný

E-mail: novotnyr@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This work deals with questions of analysis of measurement systems and its capability evaluation. The general aim is to present some aspects related to study of causes of variability and Gage R&R study.

1. ÚVOD

Způsobnost systému měření je jedním z předpokladů účinného a efektivního plánování jakosti. Příspěvek prezentuje jednu ze studií, které v návaznosti na bakalářskou práci byly realizovány ve spolupráci s firmou Carclo Technical Plastics, s.r.o.

2. ROZBOR

2.1. ZDROJE VARIABILITY SYSTÉMU MĚŘENÍ

Variabilita kteréhokoli systému měření je determinována celou řadou příčin, např. vlastnostmi operátorů (zkušenosti, zručnost, porozumění metodě měření), vlastnostmi měřidel (linearita, stabilita, přesnost, design měřidla), okolními vlivy (tlak, teplota, vlhkost vzduchu) a také vlastnostmi měřených prvků. Ověřování způsobnosti systému měření se tak musí nutně vztahovat k rozboru a studiu těchto vlivů. [1]

V rámci realizovaných experimentů byly analyzovány chyby měření vyplývající z různých zdrojů (zda měřidla/operátoři ve stejném prostředí dávají stejné výsledky, zda jsou rozdílné výsledky způsobeny rozdílným uzpůsobením měřicího systému nebo rozdíly v použité metodě, atd.).

2.2. REALIZOVANÁ STUDIE

V návaznosti na metrologickou konfirmaci měřidel je nutné ověřovat opakovatelnost a reprodukovatelnost měření.[1] U vyráběných komponent ve spolupracující firmě jsou vyhodnocovány hodnoty kritických znaků jakosti a pro účely plánování a prokazování jakosti je nutné používané systémy jakosti prověřovat.

V rámci tohoto příspěvku bude shrnuta dílčí část realizovaných experimentů a studií, konkrétně analýza R&R, vyhodnocovaná metodou průměr-rozpětí. Studoval se vliv různých operátorů, provádějících měření (operátor A, B a C) a opakování měření.

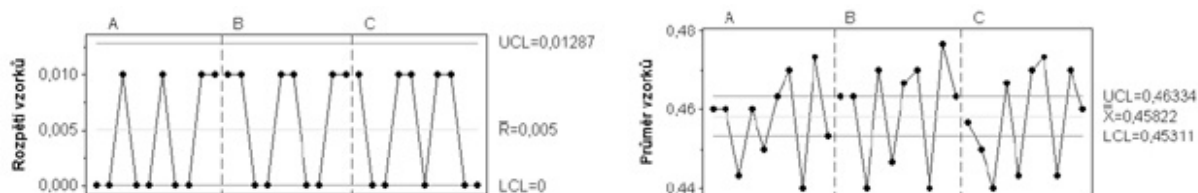
Výřez tabulky dat, získaných ve znárodněném pořadí, je uveden v tabulce 1.

Operátor	Měření	Číslo měřené dílu (hodnoty kritického rozměru v mm)										Průměr	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	1	0,46	0,46	0,44	0,46	0,45	0,46	0,47	0,44	0,47	0,45		0,456
	2	0,46	0,46	0,44	0,46	0,45	0,46	0,47	0,44	0,48	0,45		0,457
	3	0,46	0,46	0,45	0,46	0,45	0,47	0,47	0,44	0,47	0,46		0,459
	průměr	0,460	0,460	0,443	0,460	0,450	0,463	0,470	0,440	0,473	0,453	X _A	0,457
	rozpětí	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0,01	0,01	R _A	0,004

Tabulka 1: Výřez tabulky pro realizovanou studii (chybí výsledky pro operátora B a C)

2.3. VÝSLEDKY ANALÝZY

Výsledky grafické analýzy jsou uvedeny na obrázku 1. Z regulačního diagramu pro rozpětí je vidět, že proces je ve statisticky zvládnutém stavu, protože žádná z hodnot rozpětí nepřekračuje horní regulační mez. Z regulačního diagramu pro průměr můžeme usoudit, že všichni operátoři provádějí stejnou práci, reprodukovatelnost tedy zřejmě nebude značným zdrojem variability. Naměřené hodnoty se značně liší pouze u prvních dvou a také u posledního vzorku. Výběr vzorků zřejmě bude dobře reprezentovat rozdíly mezi jednotlivými vzorky, neboť alespoň polovina hodnot leží mimo regulační meze.[2]



Obrázek 1: Regulační diagramy pro rozpětí a průměr

Na základě experimentálních dat je vypočtená opakovatelnost a reprodukovatelnost:

$$EV = \bar{R} \cdot K_1 = 0,005 \cdot 3,04 = 0,0152 \quad [-].$$

$$AV = \sqrt{\left(\bar{X}_{diff} \cdot K_2\right)^2 - \left(\frac{EV^2}{nr}\right)} = \sqrt{(0,003 \cdot 2,69)^2 - \left(\frac{0,0152^2}{3 \cdot 10}\right)} = 7,578 \cdot 10^{-3} \quad [-], \text{ kde}$$

diference mezi operátory je $\bar{X}_{diff} = X_{max} - X_{min} = 0,460 - 0,457 = 0,003mm$.

Variabilitu mezi vzorky určíme[2]:

$$PV = R_{celk} \cdot K_3 = 0,032 \cdot 1,62 = 0,052 \quad [-],$$

A celkovou variabilitu:

$$TV = \sqrt{R \& R^2 + PV^2} = \sqrt{0,017^2 + 0,052^2} = 0,0547 \quad [-]$$

Reprodukovatelnost a opakovatelnost tedy je [2]

$$R \& R = \sqrt{EV^2 + AV^2} = \sqrt{0,0152^2 + 0,007578^2} = 0,017 \quad [-]$$

Pro posouzení byly tyto hodnoty vyjádřeny v procentech z celkové variability [2]:

$$\%EV = \frac{EV}{TV} \cdot 100 = \frac{0,0152}{0,0547} \cdot 100 = 27,79 \%$$

$$\%AV = \frac{AV}{TV} \cdot 100 = \frac{0,007578}{0,0547} \cdot 100 = 13,80 \%$$

$$\%R \& R = \frac{R \& R}{TV} \cdot 100 = \frac{0,017}{0,0547} \cdot 100 = 31,08 \%$$

$$\%PV = \frac{PV}{TV} \cdot 100 = \frac{0,052}{0,0547} \cdot 100 = 95,06 \%$$

2.4. VÝSLEDKY PREZENTOVANÉ STUDIE

Výsledky poukazují, že používaný systém měření není pro měření způsobilý, protože reprodukovatelnost a opakovatelnost (koeficient R&R) přispívá k celkové variabilitě 30%. Dominantním zdrojem variability je opakovatelnost. To může být způsobeno obtížností měřicí metody. Součástky nemusí na měrce sedět úplně přesně a to může způsobit značné zkreslení. Bohužel pro měření tohoto rozměru nebylo možno použít žádný z dostupných systémů (posuvné měřidlo, profiloměr, optické měřidlo).

ZÁVĚRY

Zkušenosti z provedených analýz ukazují, že prověřování způsobilosti systémů měření je nedílnou součástí technologické přípravy výroby a managementu jakosti. Riziko, že kritické parametry jakosti a specifikované požadavky nebudou adekvátně vyhodnoceny systematické ověřování a prokazování způsobilosti systému měření značně snižuje.

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří firmě Carclo Technical Plastics, ve které byly prováděny experimentální šetření a manažeru jakosti Ing. Martinu Suchému. Příspěvek vznikl v návaznosti na řešení projektu Grantové agentury ČR 102/07/P493 – „Development in the Area of Technological Procedures Characterization“ a Ministerstvem školství ČR v programu MSM 0021630503 MIKROSYN.

LITERATURA

- [1] Pernikář, J.: Hodnocení způsobilosti kontrolních prostředků [online]. Dostupné z WWW: http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/31_Pernikar_VUTBR.pdf
- [2] Measurement process characterization handbook. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/mpc/mpc.htm>