

OPTIMIZAREA MULTICRITERIALĂ APLICATĂ LA ALEGEREA INSTRUMENTELOR DE MĂSURARE

MULTICRITERIAL OPTIMIZATION APPLIED FOR CHOOSING THE MEASURING INTRUMENT

Iulian Alexandru ORZAN, Constantin BUZATU

Transilvania University of Brasov, Romania

Rezumat. Conform cu David C. Crosby: "dacă nu îți cunoști capacitatea aparatelor de măsură, nu vei ști dacă măsurătorile sau produsele sunt bune sau rele" [1].

Începând de la această premisă s-a efectuat o analiză comparativă din punct de vedere al capacității de măsurare al unui micrometru de măsurat diametrul interior, al unui ceas comparator, față de capacitatea de măsurare a unei mașini de măsurat în coordonate, în vederea stabilirii măsurii de management optime pentru măsurarea diametrelor interioare a pieselor prelucrate în serie. Testul a fost efectuat într-un mediu controlat, cu operatori diferiți, pentru a stabili modul în care aceste sisteme de măsurare sunt afectate de variabilele: metoda de lucru și operator.

Caracteristicile de performanță utilizate pentru a determina care dintre aceste aparate de măsurare reprezintă cea mai bună soluție pentru producția de serie sunt: costul sistemului, calitatea piesei, analiza sistemului de măsurare sau repetabilitate și reproductibilitate (R&R), eficiența și metoda de măsurare pentru fiecare sistem utilizat.

În urma studiului de caz efectuat, ceasul comparator a fost cel mai bun din punct de vedere al costului, eficienței, calității și cu cel mai bun rezultat ASM (analiza sistemelor de măsurare).

Cuvinte cheie: ASM, repetabilitate și reproductibilitate (R&R), sistem de măsurare, micrometru, ceas comparator, mașină de măsurat 3D

1. Introducere

Alegerea celui mai potrivit sistem de măsurare pentru evaluarea calității unui produs reprezintă sarcina ce trebuie efectuată începând de la modelul produsului sau al liniei tehnologice. În acest sens, se impun a fi realizate teste cu sisteme de măsurare, pentru a putea aprecia care dintre acestea va fi utilizat în producția de serie, pentru diverse repere, și care este cel mai potrivit pentru producția de start [2, 6, 7, 8].

Analiza sistemelor de măsurare s-a încercat și efectuat în multe inițiative de evaluare a produsului. Însă a devenit cu mai mult recunoscută și aplicată atunci când a fost definită formal ca una dintre cele mai importante cerințe din vechiul standard de calitate QS9000 și mai ales atunci când a fost recunoscută ca o tehnică importantă în inițiativele Șase Sigma.

Abstract. According to David C. Crosby, "If you don't know the capability of your measurement system, you don't know if your measurements, or your products, are good or bad" [1].

Starting from this basic it had been made an comparative analyze from the point of view of the capability of measuring of an interior diameter micrometer, indicating micrometer (caliper) and a 3D measuring machine in order to identify the optimal management measure for serial machining pieces to measure interior diameters. The test was made in a controlled environment, with different operators in order to see how each measuring system is affected by the variables: method of work and operator.

The performance characteristics used to determine which measurement device is the best choice to be used in serial production were: cost of the system, quality, measurement system analyze or repeatability and reproducibility (R&R), efficiency and method of measurement for each device.

From the case study made, the result was that the best cost effective, with the best efficiency, in quality and with the best MSA (Measurement system analysis) value is the caliper.

Key words: MSA, repeatability and reproducibility (R&R), measurement system, micrometer, calliper, 3D measuring machine

1. Introduction

Choosing the suitable measurement system for quality evaluation of a product represents the task that has to be performed from the beginning of the design of the product or of the technological line. In this way, it is assessed to perform tests with measurement systems in order to appreciate which measurement device will be used in serial production and which is suitable for start of production [2, 6, 7, 8].

Measurement Systems Analysis has been attempted and done in many Quality initiatives in the past. It gained wider recognition when it was formally defined as one of the key requirements in the old QS 9000 Quality Standard, and when it was recognized as an important technique in Six Sigma initiatives.

Acest demers este utilizat pentru a evalua caracteristicile statistice ale procesului sistemelor de măsurare. Scopul ASM este de a verifica statistic că actualul sistem de măsurare asigură valori reprezentative pentru caracteristicile ce se măsoară, rezultate neeronate, variabilitate minimă. Câștigul aferent procesului monitorizat prin utilizarea acestor mijloace îl reprezintă identificarea potențialelor surse de variație, minimalizarea defectelor și creșterea calității produselor.

Pentru studiul de caz s-au ales trei sisteme diferite pentru a fi utilizate la măsurarea diametrului interior al unei bușe, utilizată în industria automobilelor. În acest sens, pentru a putea stabili care dintre acestea este cel mai potrivit pentru producția de serie, trebuie ca pentru fiecare sistem în parte să se efectueze un ASM și apoi să se compare rezultatele obținute.

Factorii analizați ce influențează rezultatele măsurării sunt: modul de manevrare a sistemului de măsurare, influența operatorului asupra măsurătorii, eficiența utilizării sistemului în producția de serie, repetabilitatea și reproductibilitatea.

2. Prezentarea modului de abordare a analizei comparative a sistemelor de măsurare

Un sistem de măsurare indică în forma numerică o informație importantă despre entitatea măsurată. Cât de sigure pot fi datele pe care sistemul de măsurare le transmite? Este oare valoarea reală a măsurătorii cea extrasă din procesul de măsurare sau este afectată de o eroare variabilă a sistemului de măsurare? Într-adevăr, erorile sistemelor de măsurare pot fi variabile și cu consecințe negative asupra evaluării calității produsului și pot îndepărta capacitatea de a obține valoarea reală a măsurătorii. Adesea, valoarea reală a citirii unui parametru poate fi sigură până la limita pe care sistemul de măsurare îl permite.

Repetabilitatea caracterizează variația aleatorie a erorii induse de sistemul de măsurare, iar reproductibilitatea este eroarea indusă de către influența operatorului. Erorile R&R sunt eliminate, de obicei, prin asigurarea unei manevrări uniforme a fiecărei piese și a sistemului de măsurare în procesul de lucru, prin standardizarea metodelor de măsurare și prin școlarizarea pentru calificarea corespunzătoare a operatorilor.

Variația indusă de efectele variațiilor mediului de lucru sunt încadrate, de asemenea, ca fiind parte a reproductibilității rezultatelor măsurătorii. Este important ca sistemul de măsurare să fie robust la

This tool is used to evaluate the statistical characteristics of process measurement systems. Purpose of MSA is to statistically verify that current measurement systems provide representative values of the characteristic being measured, unbiased results, and minimal variability. The gain in the surveillance process by using this tool represents identification of potential source of process variation, minimize defects and increase product quality.

For this case study, it had been chosen three different systems to help at the measuring of an interior diameter of a bush used in the automotive industry. In order to establish which of this are most suitable for the serial production it had to be done an MSA verification of each system and then compare the obtained results.

The factors that can influence the results of the measuring are: the way of handling of the measurement system, the influence of the operator over the measurement, efficiency of utilization in serial production run, repeatability and reproducibility.

2. Presentation of the approach way in the comparative analyze of the measuring systems

A measurement system tells in numerical terms, an important information about the entity that you measure. How sure can be the data's that the measurement system delivers? Is it the real value of the measure that you obtain out of the measurement process, or is it a variable measurement system error? Indeed, measurement systems errors can be variable and with relative consequences over the evaluation of the product quality and can fog the capability to obtain the true value of the measurement. Often, the real value of a reading of a parameter can be confident only to the extent that your measurement system can allow.

Repeatability error is the inherent random variation in the measurement system, where the reproducibility is the error induced by the influence of the appraiser. R&R errors are usually addressed by providing fixtures for a uniform means of handling the work piece during the measurement process, and standardizing the methods of measurement by training with the right qualification the appraisers.

Variations induced by environmental effects are also classified under reproducibility of the measurement results. It is important to make the measurement system robust to all the environmental

orice variație a condițiilor de mediu ce poate apărea, în mod normal, în timpul unui proces de măsurare.

În această lucrare sunt comparate rezultatele din studiul ASM al fiecărui sistem analizat din punct de vedere al costului de achiziționare, al preciziei de lucru și eficienței fiecărei metode de măsurare.

Studiul ASM a fost efectuat adoptându-se ca eșantion zece piese, trei operatori, iar fiecare operator a măsurat cu aceeași metodă de măsurare de trei ori fiecare piesă. Piesa este o bucășă utilizată în construcția de mașini și are o toleranță de 0,021 mm la dimensiunea măsurată în concordanță cu desenul tehnic din figura 1.

variations that can normally occur during the course of measurement.

In this paper it is compared the results from a MSA study for each analyzed system from the point of view of cost of buying, working precision and the efficiency of each method of measuring.

The MSA study was performed with an adaptation of ten samples, trey operators and each operator had to measure with the same method trey times each piece. The piece is a bush used in the automotive industry and has a 0.021 mm tolerance from the measured dimension according to the drawing from Figure 1.

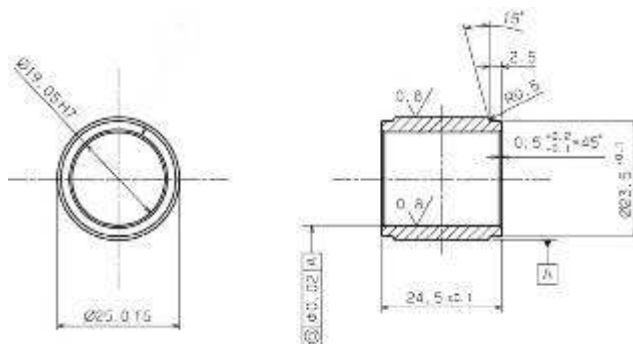


Figura 1. Desenul tehnic al bucășei de măsurat
Figure 1. Technical drawing of the bush for measuring

2.1. Analiza sistemului de măsurare efectuată folosind micrometrul de interior

Micrometrul utilizat în studiul de caz este unul de tip Mitutoyo, figura 2, cu plaja de măsurare 16-20 mm, având o masă de 400 grame și la un preț de 925 \$.

2.1. Measurement system analyses performed using the interior micrometer

The micrometer used in case study is a Mitutoyo type, Figure 2, with a range of 16-20 mm, with a weight of 400 grams and a price of 925 \$.



Figura 2. Micrometrul de interior tip Mitutoyo
Figure 2. Interior micrometer Mitutoyo type

Rezultatele măsurărilor efectuate cu acest instrument sunt prezentate în tabelul 1. Din analiza valorilor măsurate și conform calculației efectuate pentru studiul ASM, valoarea R&R pentru acesta este 30,72%. Criteriul de acceptare în cazul R&R (% din variația totală și % din toleranță) este [2, 4]:
1. Sub 10% – sistemul este acceptat (de preferat sub 5%);

The results of the measurements performed with this instrument are presented in the Table 1. According to the measurement values and the calculation performed for the MSA study the R&R value for this is 30.72%. The acceptability criteria for R&R (% of Total Variation and % of Tolerance) is [2, 4]:
1. Bellow 10% – acceptable system (under 5% preferred);

- | | |
|---|---|
| <p>2. De la 10% la 30% – poate fi acceptat, dar depinde de: importanța aplicației, costul sistemului și costul de mentenanță etc.</p> <p>3. Peste 30% – este considerat neacceptat. În concluzie aparatul nu este capabil să îndeplinească cerințele pentru repetabilitate și reproductibilitate.</p> | <p>2. From 10% to 30% – may be acceptable depending on: importance of the application, cost of the system and cost of repair, etc.</p> <p>3. Over 30% – considered not acceptable. In conclusion, the device is not capable to meet the requirements for repeatability and reproducibility.</p> |
|---|---|

Tabelul 1. Valori măsurate ale diametrului interior al pieselor efectuate cu micrometrul Mitutoyo
 Table 1. Values of the measurements for the interior diameter of the pieces performed with Mitutoyo micrometer

| | | Parts | | | | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A | Trials | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Average | 1 | 19.06 | 19.062 | 19.061 | 19.061 | 19.062 | 19.061 | 19.062 | 19.062 | 19.062 | 19.061 |
| | 2 | 19.062 | 19.063 | 19.062 | 19.06 | 19.061 | 19.063 | 19.061 | 19.061 | 19.063 | 19.062 |
| 19.061 | 3 | 19.06 | 19.061 | 19.06 | 19.061 | 19.06 | 19.06 | 19.06 | 19.061 | 19.062 | 19.061 |
| | Range | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| | | Parts | | | | | | | | | |
| B | Trials | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Average | 1 | 19.059 | 19.059 | 19.06 | 19.058 | 19.059 | 19.059 | 19.059 | 19.059 | 19.06 | 19.059 |
| | 2 | 19.059 | 19.059 | 19.06 | 19.059 | 19.059 | 19.059 | 19.059 | 19.059 | 19.06 | 19.059 |
| 19.059 | 3 | 19.058 | 19.059 | 19.06 | 19.059 | 19.059 | 19.059 | 19.059 | 19.059 | 19.061 | 19.059 |
| | Range | 0.001 | 0 | 0 | 0.001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001 | 0 |
| | | Parts | | | | | | | | | |
| C | Trials | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Average | 1 | 19.059 | 19.06 | 19.061 | 19.06 | 19.06 | 19.059 | 19.061 | 19.06 | 19.061 | 19.059 |
| | 2 | 19.059 | 19.061 | 19.061 | 19.059 | 19.06 | 19.06 | 19.061 | 19.061 | 19.062 | 19.059 |
| 19.06 | 3 | 19.061 | 19.06 | 19.061 | 19.06 | 19.061 | 19.059 | 19.06 | 19.059 | 19.061 | 19.06 |
| | Range | 0.002 | 0.001 | 0 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 |

Repetabilitatea este afectată din cauza deviației de 0,003 microni preluată din datele furnizate de către producător, iar reproductibilitatea este afectată de construcția micrometrului ce nu poate elimina influența forței ce se aplică de către operator instrumentului de măsurat.

Dacă variațiile medii ale dimensiunii măsurate sunt de tipul celor prezentate în figura 3, atunci toți operatorii au nevoie de o calificare suplimentară, deoarece instrumentul este sensibil la orice forță aplicată. Înseamnă că de fiecare dată când operatorul se va schimba, valoarea măsurată va fi diferită decât cea a operatorului precedent. Rezultatele ASM sunt prezentate în tabelul 2, de unde se deduce ușor că variația de repetabilitate este 45,46% și afectează câmpul de toleranță cu 14,97%, ceea ce înseamnă ca instrumentul are o eroare de 0,003 microni, în concordanță cu documentația furnizată de producător.

Reproductibilitatea obținută, care arată variația rezultatelor operatorului, este de 81,48% din variația totală și cu influență de 26,82% asupra toleranței, adică o eroare de 0,005 microni din toleranța impusă de desen.

The repeatability is affected because the deviation of the device is 0.003 microns and the manufacturer gives this number and the reproducibility is affected due to construction of the micrometer that cannot eliminate the force influence that can be applied from the operator to the measurement instrument.

If all the medium variations of the measured dimension are according with the ones presented in the Figure 3 then all the operators need a supplementary training because the device is sensible to each force applied. This means each time the operator will change the value measured will be different from the previous operator. The results of the MSA are presented in Table 2, from where it can easily find that the variation of repeatability is 45.46% and affects the tolerance field with 14.97% that means the device has an error of 0.003 microns according to the documentation from the manufacturer.

The reproducibility obtained which shows the variation results of the operator is 81.48% from the total variation and with influence of 26.82% over the tolerance; this means an error of 0.005 microns from the tolerance given by the drawing.

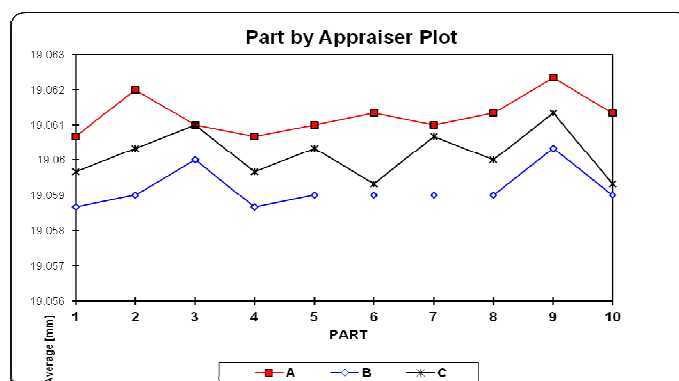


Figura 3. Valoarea medie a dimensiunii pieselor obținute pentru fiecare operator A, B, C
 Figure 3. Average of the measurements for each operator A, B, C

Tabelul 2. Sursa de variație
 Table 2. Source of variation

| Source of variation | Sigma | Variation | Percent of Total variation | Percent of Tolerance |
|---------------------------------------|----------|-----------|----------------------------|----------------------|
| Repeatability (EV - Equipment Var) | 0.00061 | 0.003143 | 45.46% | 14.97% |
| Reproducibility (AV - Appraiser Var) | 0.001094 | 0.005633 | 81.48% | 26.82% |
| Repeatability & Reproducibility (R&R) | 0.001253 | 0.006451 | 93.30% | 30.72% |
| Part Variation (PV) | 0.000483 | 0.002487 | 35.98% | 11.85% |
| Total Process Variation (TV) | 0.001342 | 0.006914 | 100% | 32.92% |

Valoarea „reală” pentru fiecare piesă a fost măsurată pe o mașină de măsurat în coordonate, cu performanțe de precizie ridicată în raport cu ale instrumentului utilizat. Aceasta este comparată în figura 4 cu cea mai mare valoare obținută de către operatori, pentru a avea orientarea valorilor metodei de măsurare a fiecărui operator față de valoarea „reală”. Mașina 3D utilizată pentru această operație este DEA Micro-Hite 3D prezentată în figura 5, iar costul de achiziționare pentru aceasta este de 150000 \$. Setarea fină a Micro-Hite 3D este utilizată în special pentru toleranțe mici, unde precizia este necesară. Materialele și componentele compatibile din punct de vedere termic minimizează influența temperaturii ambientale asupra rezultatelor măsurate, făcând din Micro-Hite 3D sistemul de măsurare compatibil pentru orice aplicație în anumite condiții impuse [3].

The “real” value of each piece was measured on a coordinate measuring machine, with high precision performance in contrast with the instrument used. This is compared in Figure 4 to the highest value obtained by the operators in order to have the linear trend of the measurement method from the appraisers against the “real” value. The 3D machine used for this operation is a DEA Micro-Hite 3D shown in Figure 5, where the cost of this is 150000 \$. Micro-Hite 3D’s optional fine adjustment is particularly useful for small features, where a precision touch is required. Thermally compatible materials and components minimize the influence of ambient temperature on measurement results, making the Micro-Hite 3D the compatible measuring system for virtually any application in only rated conditions [3].

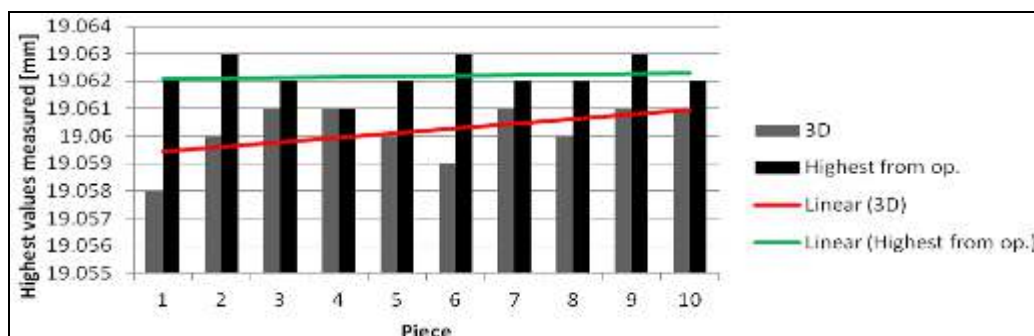


Figura 4. Variația dimensiunilor pieselor față de cea mai mare valoare măsurată de către operatori
 Figure 4. Pieces vs. highest values measured by operators



Figura 5. DEA Micro-Hite 3D
Figure 5. DEA Micro-Hite 3D

2.2. Analiza sistemului de măsurare efectuată folosind ceasul comparator

Ceasul comparator utilizat pentru ASM (figura 6) este de tip Diatec, cu valoare a diviziunilor în microni ce este asamblat cu un suport DM1 cu prețul de 250 \$ pentru ceasul comparator și 145 \$ pentru suport.



Figura 6. Ceas comparator Diatec asamblat cu suport DM1
Figure 6. Diatec caliper assembled with DM1 support

Valorile abaterilor măsurate și înregistrate cu acest instrument sunt evidențiate în tabelul 3. Valoarea calculației pentru R&R este de 28,68%. În concordanță cu specificația acesta poate fi acceptat cu derogare deoarece metoda de citire a diviziunilor cadranului de la ceasul comparator a fost diferită pentru fiecare operator, acest fapt observându-se în momentul măsurătorilor. În consecință aceasta trebuie îmbunătățită prin întocmirea unei instrucțiuni de citire a cadranului și școlarizarea utilizatorilor.

În figura 7 este evidențiată media dimensiunilor diametrelor măsurate pentru fiecare piesă de către fiecare operator, iar pentru că media valorilor

2.2. Measurement system analyses performed using calliper

The calliper used for this MSA (Figure 6) is a Diatec calliper with the divisions of the dial in microns which is assembled with a DM1 support with the price for the calliper of 250 \$ and a price for the support of 145 \$.



The deviations measured and recorded with this device are shown in the Table 3. The value of the R&R calculation is 28.68%. According with the specification this instrument can be accepted with derogation because the method of reading the dial of the calliper was different from each operator, this fact was observed during the performed measurements. Addressing, this must be improved with the creation of a reading instruction of the dial and the training of the operators.

Figure 7 shows the average dimensions of diameters measured for each part by each operator. The diagram for averaged values measured by B

obținute de operatorul B se intersectează cu cele obținute de operatorul A și operatorul C nu a obținut nici o valoare a măsurătorii sub rezultatele înregistrate de ceilalți doi operatori, metoda utilizată este mai bună decât cea folosită în cazul micrometrului și poate fi îmbunătățită pentru a atinge o valoare de R&R sub 10%.

Calculația pentru R&R a ceasului comparator este prezentată în tabelul 4. Valoarea înregistrată pentru repetabilitate este de 12,07%. Aceasta este mai mică decât valoarea înregistrată în studiul ASM al micrometrului și reprezintă 2,5 microni deviație a valorilor citite din toleranța totală.

Reproductibilitatea a înregistrat o valoare de 26,01%, aproape aceeași valoare cu cea obținută în studiul ASM pentru micrometru de 26,82%, deoarece citirea diviziunilor pe cadran a fost diferită pentru fiecare operator.

operator intersects the diagram for those measured by operator A. Measurements of C operator determines a diagram positioned below diagrams for A and B operators. All these results indicate that the used method is better than micrometer method and it can be improved to obtain an under 10% R&R value.

The values of the R&R are for the calliper presented in Table 4. The value of the repeatability is 12.07%. This is lower than the value obtained in the case of the MSA for the micrometer and means 2.5 microns deviation from the total tolerance.

The value obtained for the reproducibility is 26.01%, almost the same value with the one obtained in the MSA study for the micrometer of 26.82%, due to the reading of the divisions of the dial was different from each operator.

Table 3. Values of the measurements for the interior diameter of the pieces performed with the calliper Diatec

Tabelul 3. Valori măsurate ale diametrului interior al pieselor efectuate cu ceasul comparator Diatec

| | | Parts | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A | Trials | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Average 19.061 | 1 | 19.06 | 19.061 | 19.061 | 19.06 | 19.059 | 19.062 | 19.062 | 19.059 | 19.061 | 19.06 |
| | 2 | 19.06 | 19.061 | 19.061 | 19.06 | 19.06 | 19.062 | 19.062 | 19.061 | 19.062 | 19.061 |
| | 3 | 19.06 | 19.061 | 19.061 | 19.062 | 19.061 | 19.062 | 19.062 | 19.061 | 19.062 | 19.061 |
| | Range | 0 | 0 | 0 | 0.002 | 0.002 | 0 | 0 | 0.002 | 0.001 | 0.001 |
| | | Parts | | | | | | | | | |
| B | Trials | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Average 19.061 | 1 | 19.061 | 19.061 | 19.062 | 19.061 | 19.061 | 19.062 | 19.062 | 19.062 | 19.062 | 19.061 |
| | 2 | 19.06 | 19.061 | 19.062 | 19.062 | 19.061 | 19.062 | 19.061 | 19.061 | 19.061 | 19.062 |
| | 3 | 19.06 | 19.061 | 19.061 | 19.062 | 19.062 | 19.063 | 19.062 | 19.06 | 19.062 | 19.062 |
| | Range | 0.001 | 0 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 |
| | | Parts | | | | | | | | | |
| C | Trials | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Average 19.063 | 1 | 19.061 | 19.063 | 19.062 | 19.063 | 19.062 | 19.064 | 19.063 | 19.061 | 19.064 | 19.063 |
| | 2 | 19.062 | 19.064 | 19.063 | 19.063 | 19.063 | 19.064 | 19.063 | 19.062 | 19.064 | 19.063 |
| | 3 | 19.061 | 19.064 | 19.063 | 19.064 | 19.063 | 19.064 | 19.064 | 19.062 | 19.064 | 19.063 |
| | Range | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0 | 0.001 | 0.001 | 0 | 0 |

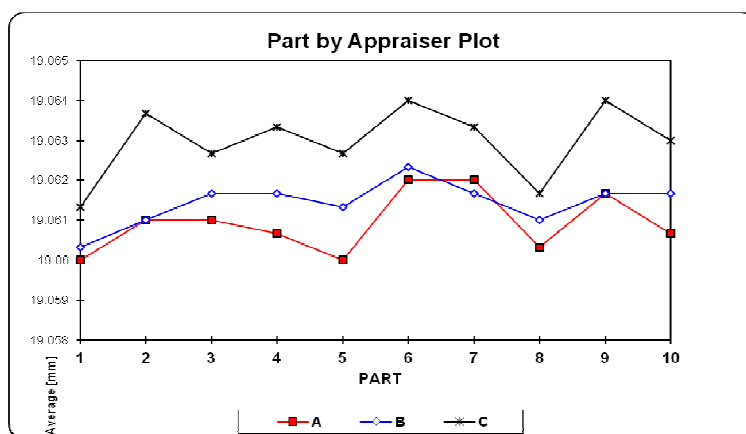


Figura 7. Valoarea medie a diametrului pieselor măsurate de fiecare operator A, B, C
 Figure 7. Average for the measurements of the diameter for each operator A, B, C

Tabelul 4. Sursa de variație
Table 4. Source of variation

| Source of variation | Sigma | Variation | Percent of Total variation | Percent of Tolerance |
|---------------------------------------|-----------|-----------|----------------------------|----------------------|
| Repeatability (EV - Equipment Var) | 0.0004922 | 0.0025349 | 36.40% | 12.07% |
| Reproducibility (AV - Appraiser Var) | 0.0010608 | 0.005463 | 78.44% | 26.01% |
| Repeatability & Reproducibility (R&R) | 0.0011694 | 0.0060225 | 86.47% | 28.68% |
| Part Variation (PV) | 0.0006793 | 0.0034983 | 50.23% | 16.66% |
| Total Process Variation (TV) | 0.0013524 | 0.0069648 | 100% | 33.17% |

Faptul că precizia de citire a valorilor pe cadranul ceasului comparator trebuie îmbunătățită reiese din figura 8, operatorii B și C au depășit valorile „reale” măsurate pe mașina 3D, în schimb valorile operatorului A se intersectează cu aceste valori „reale” (mai aproape de realitate).

The fact that precision of the reading on the dial of the caliper must be improved is shown in the Figure 8, the operators B and C were exceeding the “real” values measured on the 3D machine, in exchange the values of the operator A are intersecting with the “real” values (closed to the reality).

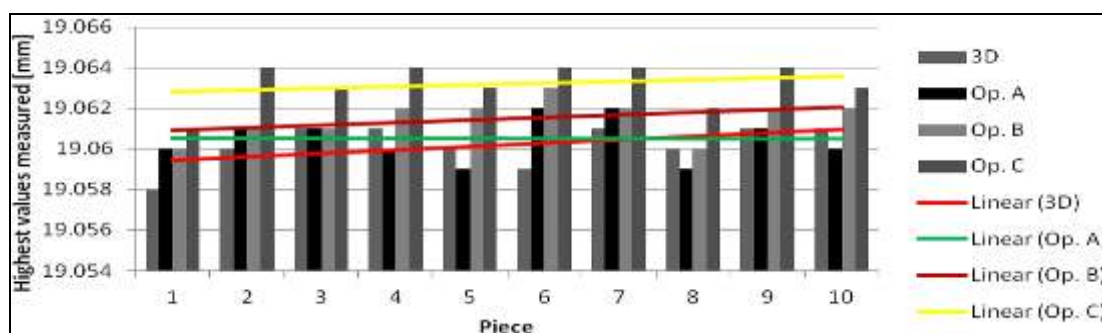


Figura 8. Variația dimensiunilor pieselor față de cea mai mare valoare măsurată de către operatorii A, B, C
Figure 8. Pieces vs. highest values measured for each operator A, B, C

2.3. Analiza costului sistemului de măsurare comparativ cu eficiența între micrometru și ceas comparator

Costul pentru fiecare sistem de măsurare a fost calculat în concordanță cu prețul oferit de producător, iar eficiența a fost calculată în timpul testelor pentru fiecare operator. Din analiza datelor prezentare în figura 9 se deduce că eficiența ceasului comparator este mai mare decât cea a micrometrului, deoarece operatorul nu este obligat să refacă calibrarea la fiecare zece piese. Considerând o comandă de verificare dimensională având două sute de piese se poate calcula timpul pierdut doar pentru a calibra micrometrul este de 340 de secunde, timp ce poate fi folosit pentru alte operații de măsurare.

Un alt dezavantaj al micrometrului este că operatorul trebuie să efectueze minim trei măsurători pentru a putea determina dacă dimensiunea este conform desenului. Pe de altă parte, prețul de 925 \$ pentru un micrometru față de 495 \$ pentru ceasul comparator conduce la concluzia că nu este potrivit pentru producția de serie; micrometrul este un instrument ce poate fi

2.3. Cost versus efficiency analyze between the micrometer and calliper

The cost of each measurement system was calculated according to the manufacturer price and the efficiency was calculated during the tests with each operator. From the data analyze shown in Figure 9 it is deduced that the efficiency of calliper is higher than the micrometer because the operator has no obligation to check the calibration after every ten pieces. Considering an order for dimensional verification of two hundred pieces it can be calculated the time lost just for calibration of the micrometer was 340 seconds, time that can be used for others measurement operations.

The micrometer also has a disadvantage because the operator has to make minimum three measurements in order to determine if the dimension of the piece is according to the drawing. In other way the price of 925 \$ for the micrometer versus 495 \$ for the calliper drives to the conclusion that is not suitable for serial production; the micrometer is the device that can be used in

utilizat în laboratoarele metrologice sau pentru măsurarea de piese prototip, unde timpul nu este atât de important ca în zona de producție.

metrological laboratories or measurements for prototype pieces, where the time is not important like in the production area.

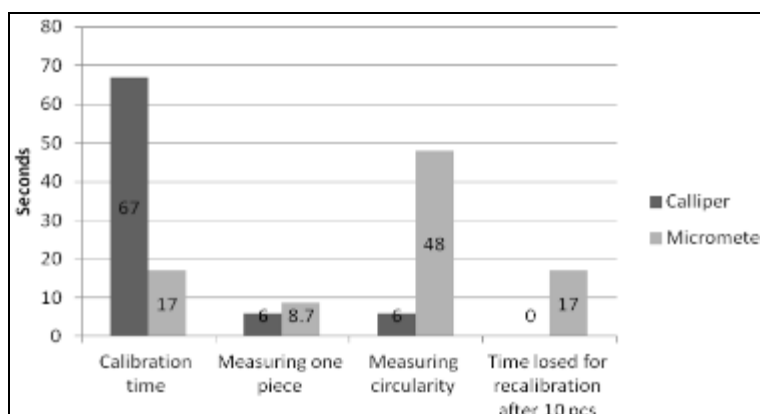


Figura 9. Eficiența sistemelor de măsurare
Figure 9. Efficiency of the measurement systems

Pentru a elimina influența condițiilor de mediu asupra rezultatelor: testele au fost efectuate într-un mediu controlat la 21°C, piesele și instrumentele de măsurare fiind depozitate cu cel puțin zece minute înainte de testarea lor. Prelucrarea datelor experimentale obținute au fost efectuate cu fișierul Excel Microsoft Office [5].

In order to eliminate the influence of the environment conditions over the tests results: the tests were performed in a controlled environment at 21°C, the pieces and the measurement devices were deposited at least ten minutes before testing. The experimental data obtained were performed with Excel file Microsoft Office [5].

3. Concluzii

Din analiza rezultatelor obținute reiese că ceasul comparator este potrivit pentru producția de serie din cauza: costului mai mic de achiziție, 495 \$ comparativ cu 925 \$, valoarea procentuală a ASM este mai mică și se încadrează în specificații mai precis decât în cazul utilizării micrometrului.

Metoda utilizată pentru măsurare folosind ceasul comparator este simplă, eficientă, ușor de folosit și însușită de către operatori.

Pe de altă parte micrometrul este dotat cu sistem de citire digital de mare ajutor pentru operator față de cadranul analogic al ceasului comparator care poate conduce la erori de citire în funcție de: intensitatea luminii, ergonomia postului de lucru și poziția operatorului în raport cu instrumentul de măsurare.

Echipamentul de măsurare în coordonate DEA a fost utilizat doar pentru a obține o valoare tip efectuată cu precizie mai mare pentru fiecare piesă. Această mașină este calibrată în fiecare an de către producător și este verificată la fiecare șase luni cu calibre. Un astfel de echipament nu poate fi utilizat în producția de serie din cauza costului foarte mare, iar timpul de verificare pentru o piesă depășește trei minute, care în anumite situații este mai mare decât cel de prelucrare [6].

3. Conclusions

From the analyze of the results obtained it was decide that the caliper is suitable for the serial production due to the benefits of: costs, 495 \$ versus 925 \$, MSA value that is lower and more precise in the specifications than in the case of the utilization of the micrometer.

The method used for measuring using the caliper is simpler, efficient and easy to use and understand by the operators.

On the other way, the micrometer has a reading digital system that is useful for the operators instead of the analogical dial from the caliper that can have errors of reading depending of: light intensity, working station ergonomics, position of the operator in report with the one for the measuring instrument.

The measurement in coordinate's equipment DEA it was used only to have type value measured with a higher precision for each piece. This machine is calibrated every by the supplier and is verified with master samples every six months. Such equipment cannot be used in serial production due to is very high cost and time for verifying one piece that is exceeding three minutes per piece, which in some situations it is higher than the one for producing [6].

4. Perspective de cercetare

Cercetarea poate continua prin analizarea sistemelor de măsurare utilizate la temperatura din zona de producție de 29 °C, unde diametrul piesei se poate modifica semnificativ, iar calibrarea aparatelor poate fi afectată de variațiile de temperatură. Pe de altă parte testele se pot face și pe diferite tipuri de materiale la diferite temperaturi în vederea verificării amândurora, material și sistem de măsurare. Cercetările pot fi extinse luându-se spre analiză și utilizarea aparatelor optice, pneumatice [7], electrice etc., pentru verificarea preciziei dimensionale, precum și la stabilirea performanțelor calibrelor de control dimensional [8] și a domeniului optim de utilizare în producția de serie.

4. Future work

The work can continue with the analyze of the measuring systems at the temperature from the production floor at 29 °C, where the diameter of the pieces are changing considerable and the calibration of the devices can be affected by the temperature variations. Furthermore the tests can be made with different types of materials at different temperature in order the check them both, material and device. The research can be extended considering for analyze and utilization optically, pneumatically [7], electrically, etc. Devices for verification of dimension precision and for establishing the performance of the control gauges [8] in an optimal domain of utilization in the serial production run.

References

1. Crosby, D.C. (1998) *A Managers Guide to Gauge R&R*. Rubber World 218, p. 16-17
2. Craner, K.B. (2003) *Measurement System Analysis*. Boise State University
3. *Characteristics of the DEA- Micro-Hite-3D machine*. Available at www.hexagonmetrology.co.uk
4. *Measurement Systems Analysis Reference Manual*. AIAG, 1995
5. [http://www.mesacg.com/Downloads/Gage_R&R_\(XBar&R_Motorola_Version\).xls](http://www.mesacg.com/Downloads/Gage_R&R_(XBar&R_Motorola_Version).xls)
6. Buzatu, C., Dumitrașcu, A.E. (2007) *Automatizarea controlului calității în construcția de mașini (Quality control automation in machine building)*. Publisher Matrix Rom, ISBN:978-973-755-245-7, București, Romania (in Romanian)
7. Buzatu, C., Șuteu, V. (1981) *Cu privire la calculul abaterilor și a toleranței dimensiunii de reglaj a aparatelor pneumatice de măsurat lungimi (On the calculation of deviations and tolerance of adjustment size of pneumatic devices for measuring length)*. *Metrologia aplicată*, nr.1/1981, p. 9-10 (in Romanian)
8. Buzatu, C. (2006) *Design Optimization for cylindrical Plug Gages*. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, ISSN 1583-7904, vol. 4, no. 4, p. 18-22

Lucrare primită în noiembrie 2012

Received in November 2012