

**ANALIZA MJERNOG SISTEMA KAO ALAT ZA OSIGURANJE
KVALITETA PROCESA PROIZVODNJE U KOMPANIJI
MANN+HUMMEL BA**

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS AS A TOOL FOR QUALITY
ASSURANCE OF THE PRODUCTION PROCESS AT MANN+HUMMEL
BA**

Ajdin Sadiković
MANN+HUMMEL BA
Tešanj

Almira Softić, Hazim Bašić
Mašinski fakultet Sarajevo
Sarajevo

Varda Kenan
Mašinski fakultet Zenica
Zenica

REZIME

Proizvodne kompanije svakodnevno prikupljaju velike količine podataka o svojim sistemima i procesima. Kvalitet izmjerenih podataka ovisi o sposobnosti mjernog sistema koji se koristi. Postojanje grešaka u mjernom sistemu zahtijeva potrebne korekcije i usaglašavanje sa specifikacijama. U svrhu bolje kontrole, ali i poboljšanja proizvodnih procesa potreban je pouzdan mjerni sistem koji može pratiti karakteristike procesa. Analiza mjernih sistema je neophodna zbog procjene metode ispitivanja mjernih instrumenata i cjelokupnog procesa mjerenja, kako bi se osigurao integritet podataka koji se koriste za analizu. Ovaj način osigurava razumijevanje implikacija grešaka mjerenja na donošenje odluka o samom proizvodu ili procesu. Pravilno planirana i izvedena analiza mjernog sistema (MSA) može pomoći u izgradnji pouzdane osnove za proces donošenja odluka zasnovanog na podacima. U radu je data analiza mjernih sistema (MSA) u serijskoj proizvodnji u kompaniji MANN+HUMMEL BA sa fokusom na koordinatnu mjernu mašinu CMM - petoosna koordinatna mjerna mašina (3 translacije i 2 rotacije) proizvođača Mitutoyo. Analiza je urađena na CMM na kojoj je mjereno alata za obradu lima plastičnom deformacijom. Kao referentni dio za ovu analizu uzeta je matrica za perforaciju. Cilj rada je provjera preciznosti i ponovljivosti mjernog sistema uz primjenu jedne od metoda MSA.

Ključne riječi: Analiza mjernog sistema, CMM, upravljanje kvalitetom.

ABSTRACT

Every day, manufacturing companies collect large amounts of data about their systems and processes. The quality of the measured data depends on the ability of the measuring system used. The existence of errors in the measuring system requires the necessary corrections and compliance with the specifications. For the purpose of better control, but also to improve production processes, a reliable

measuring system is needed that can monitor the characteristics of the process. The analysis of measuring systems is necessary to evaluate the method of testing measuring instruments and the entire measurement process, in order to ensure the integrity of the data used for analysis. In this way, the implications of measurement errors on making decisions about the product or process itself would be understood. Properly planned and executed measurement system analysis (MSA) can help build a reliable basis for the data-driven decision-making process. This paper presents the analysis of measuring systems (MSA) in series production in the company MANN +HUMMEL BA with a focus on the coordinate measuring machine CMM - five-axis coordinate measuring machine (3 translations and 2 rotations) manufactured by Mitutoyo type Crysta Apex s7106. The analysis was done on CMM on which part of the tool for processing sheet metal with plastic deformation was measured. As a reference part for this analysis, a perforation matrix was taken. The aim of this paper is to check the precision and repeatability of the measuring system using one of the MSA methods.

Keywords: Measurement system analysis, CMM, quality control.

1. UVOD

MSA se definiše kao eksperimentalna i matematička metoda za određivanje količine varijacije unutar procesa mjerenja. Omogućava procjenu mjernog sistema i minimizaciju faktora varijacije procesa mjernog sistema. Varijacije u procesu mjerenja doprinose ukupnoj varijabilnosti procesa. MSA omogućava certifikaciju mjernog sistema procjenom tačnosti, preciznosti i stabilnosti sistema. U slučaju odstupanja od zadanih kriterija, potrebno je implementirati poboljšanja, i ponovna provedba MSA. Fokus MSA je strategija procesa mjerenja, definisanje grešaka u procesu i procjena adekvatnosti mjernog sistema. [1]

Cilj ovog rada je primjena alata kvaliteta MSA u realnim proizvodnim uslovima kompanije MHBA i direktni uticaj na kvalitet proizvodnje. Mjerene vrijednosti u procesu proizvodnje moraju biti pouzdane i mjerene u realnim uslovima, kako bi se dobila realna slika procesa. Veliki dio varijacija tokom mjerenja je posljedica interakcije između mjernog sistema i okoline. [2]

Osnovni izvori varijacije tokom mjerenja su:

- ... ljudi,
- ... specifikacije procesa,
- ... dio koji se mjeri,
- ... alati i oprema (mjerni uređaji, oprema za testiranje i sistemi za kalibraciju),
- ... varijable okoline kao što su vlažnost, buka, temperatura, itd.

2. METODA PROVEDBE MSA

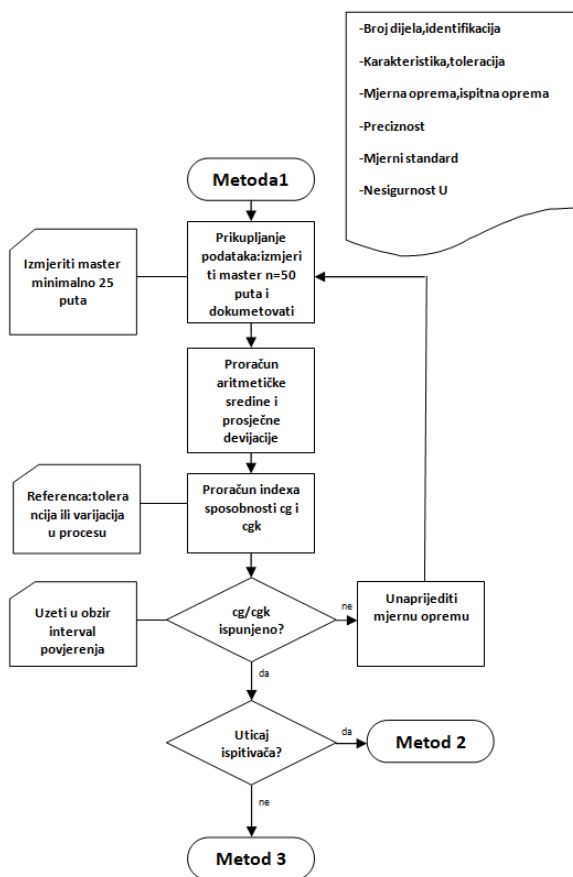
Analiza mjernih sistema je ključni korak u svakom nastojanju da se poboljša proces. Osnova analize mjernih sistema je odabir metode MSA. Metod MSA utvrđuje broj mjerioca, broj mjerenja, parametre, specifikacije mjerene karakteristike i dodatne procedure. Kompanije u zavisnosti od opreme koju posjeduju apliciraju različite metode. Metode koje se primjenjuju u MANN+HUMMEL BA su:

- ... Metoda 1 (provjera indeksa sposobnosti procesa c_g i c_{gk}),
- ... Metoda 2 (provjera ponovljivosti i obnovljivosti),
- ... Metoda 3 (za automatske sisteme mjerenja),
- ... Atributivna metoda (provjera atributivnih karakteristika),
- ... Vizuelna metoda (vizuelna kontrola).

Izbor metode mjerenja i analize ovisi o vrsti mjernog sistema i karakteristike koja se mjeri. Procesom mjerenja dobijaju se dvije vrste karakteristika mjerenja, atributivne i mjerljive. Za

provjeru mjerljivih karakteristike koriste se metoda 1,2 i 3 dok se za provjeru atributivnih karakteristika koriste atributivna i vizuelna metoda. Metodom 1 se ocjenjuje preciznost i ponovljivost mjernog sistema pomoću indeksa sposobnosti c_g i c_{gk} . Za ocjenu sposobnosti procesa koriste se indeksi c_g i c_{gk} , gdje je c_g omjer između preciznosti i tolerancije (potencijalne sposobnosti), dok c_{gk} predstavlja omjer između tačnosti i tolerancije (stvarne sposobnosti). Indeksi sposobnosti procesa c_g i c_{gk} uspoređuju ponašanje proizvoda ili karakteristike procesa sa inženjerskom specifikacijom, odnosno da li je proces sposoban da proizvede dijelove koji će zadovoljiti ili premašiti zahtjeve kupca. Indeksi sposobnosti svode složene informacije o procesu na jedan broj. [3]

Algoritam izvođenja metode 1 dat je na slici 1. Mjerenje se izvršava od strane jednog ispitivača. Prilikom ispitivanja, bilo kakva promjena ili ispravka na mjernom uređaju nije dozvoljena.

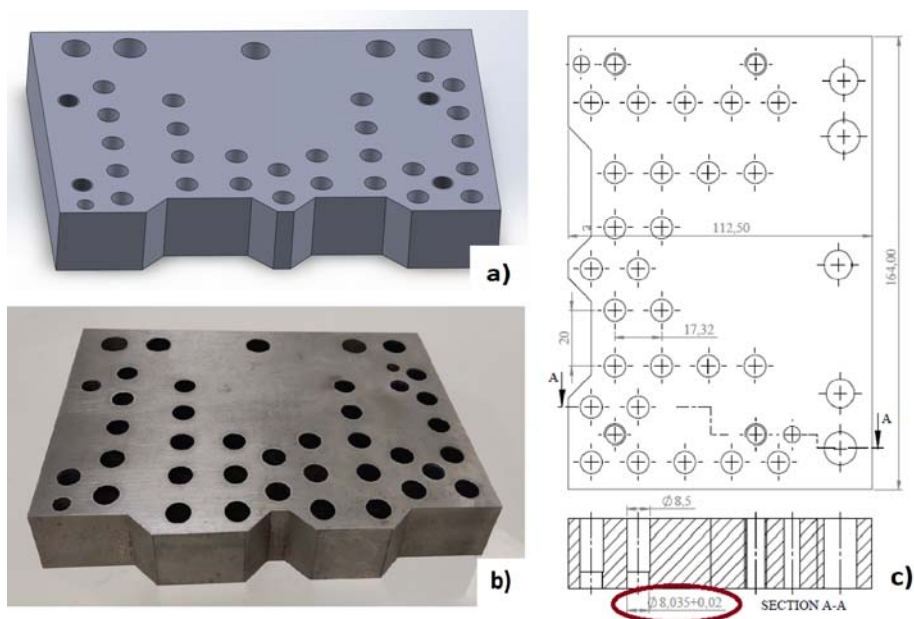


Slika 1. Šema provedjena metode 1 MSA u MHBA [1]

3. PRIMJENA MSA NA CMM U KOMPANIJI MANN+HUMMEL

U svrhu analize, mjerenja su provedena na petoosnoj koordinatnoj mašini Mitutoyo Crysta Apex S7106 dimenzija mjernog stola 700x1000x600 mm i tačnosti 0,001mm. Kao referentni dio za ovo mjerenje odabran je rezni segment alata za perforaciju lima koji se dobija mašinskom obradom. Rezni dijelovi alata zahtijevaju veću tačnost izrade i uske tolerancije. Na slici 2.a dat je 3D model dijela koji je mjeran, a na slici 2.b je prikaz realnog dijela

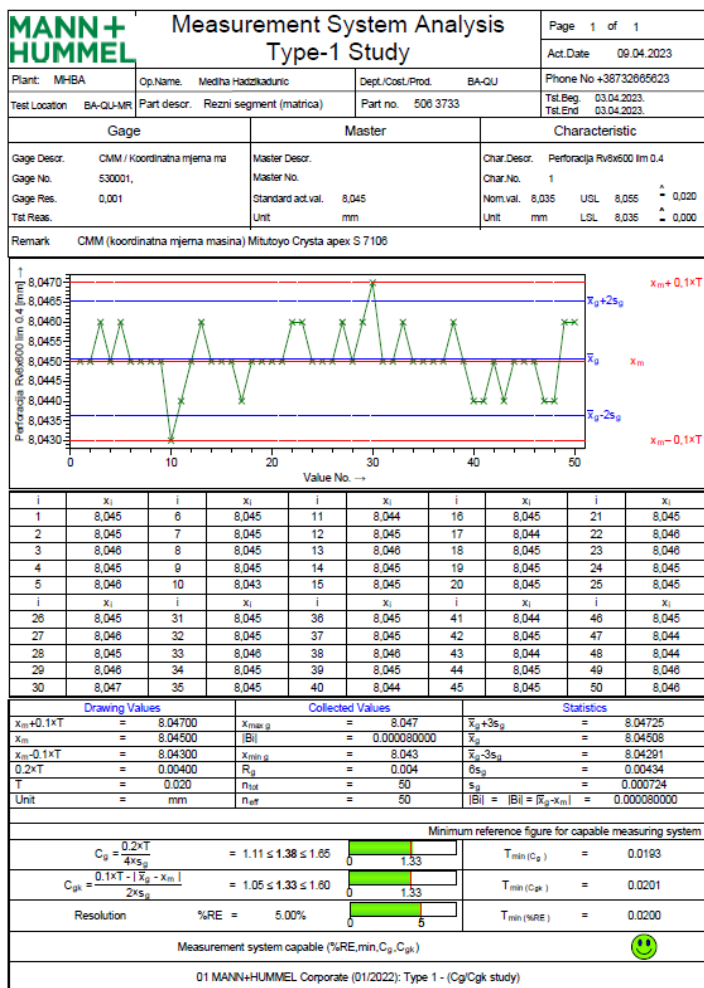
dobijenog mašinskom obradom. Rezni segment ima 30 otvora za perforaciju, a slika 2.c je radionički crtež dijela sa osnovnim dimenzijama. U svrhu analize za odabranu metodu MSA mjereno je jedan otvor. Mjerenje se provodi ručno jer sama metoda zahtjeva mjerenje na takav način radi provjere mjernog sistema.



Slika 2. a) 3D model mjenog dijela b) Realni izgled mjenog dijela c) radionički crtež dijela sa osnovnim mjerama

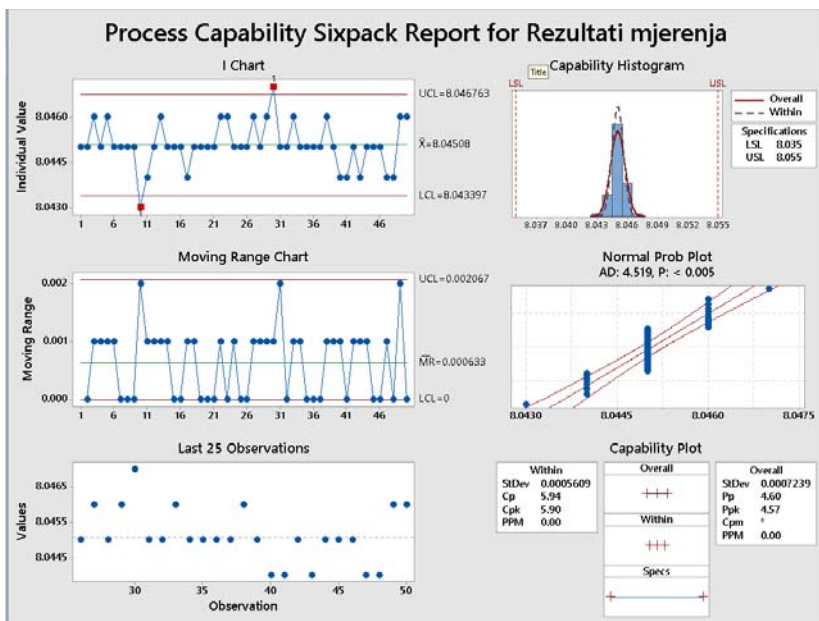
4. ANALIZA REZULTATA/ ANALIZA MJERNOG SISTEMA

MSA analiza se u proizvodnim kompanijama provodi putem dostupnih softvera koji omogućavaju proračun i rezultate potrebne za analizu mjernog sistema, i u nekim slučajevima direktno daju krajnju ocjenu mjernog sistema. U ovom radu provedena je analiza mjernog sistema uz korištenje dva različita softvera koji imaju različite načine prikaza podataka. Analiza je rađena u softverima Q-DAS Solara.MP i MiniTab, koje kompanija koristi za analize mjernih sistema. Na osnovu podataka dobijenih u softveru vrši se procjena mjernog sistema. Slika 3. prikazuje MSA analizu izvršenu putem softvera Q-DAS Solara.MP. Prihvatljivost konačnih podataka proračuna analize pokazana je bojama. Zelena boja predstavlja prihvatljiv mjerni sistem koji se može koristiti dalje u procesu proizvodnje, žuta boja predstavlja rezultate koji su prihvatljivi ali dodatno treba izvršiti poboljšanja na sistemu kako bi se on mogao primjenjivati u procesu. Crvena boja predstavlja sistem koji nije prihvatljiv za korištenje u procesu i potrebna je promjena mjernog sistema. Za posmatrani mjerni sistem MSA je zadovoljavajući prema ocjeni softvera. U slučaju neodgovarajućeg sistema potrebno je izvršiti poboljšanja na mjernom sistemu i ponovo uraditi MSA. U slučaju da poboljšanja nisu moguća potrebno je promijeniti mjerni sistem. Ovaj softver omogućava procjenu mjernog sistema može na osnovu datih relevantnih numeričkih c_g i c_{gk} vrijednosti, koje se i provjeravaju. Kako je na slici 3 i vidljivo ove vrijednosti se nalaze u dozvoljenim standardnim granicama odstupanja za automobilsku industriju i da mjerni sistem zadovoljava kriterije za metodu 1.



Slika 3. Rezultati mjerenja i analize mjernih rezultata u softveru Q-DAS solara.MP

Slika 4. prikazuje MSA analizu izvršenu putem softvera Minitab koji omogućava provjeru c_g i c_{gk} vrijednosti. Rezultati ovog softvera su prikazani na drugačiji način nego u predhodno korištenom softveru Solara.MP. Valjanost mjernog sistema pokazana je histogramom i vrijednostima c_g i c_{gk} . Histogramom se teži dobiti približno normalna raspodjela koja je u granicama tolerancija datim u tehničkoj dokumentaciji. Također, poželjno je da sam grafik nalazi na istoj udaljenosti od donje i gornje granice odstupanja. Prema slici 4., po datom dijagramu, posmatrani mjerni sistem je zadovoljavajući po metodi 1 MSA.



Slika 4. Analiza mjernih rezultata u softveru Minitab

5. ZAKLJUČAK

Efikan MSA procesa može osigurati da su podaci (rezultati mjerenja) koji se prikupljaju tačni i da je sistem prikupljanja podataka prikladan za proces. Pouzdani podaci mogu spriječiti gubitak vremena, rada i škarta u procesu proizvodnje. Neefikan sistem mjerenja može dozvoliti da se loši dijelovi prihvate, a dobri odbace, što rezultira nezadovoljnim kupcima i prekomjernim škartom. MSA može spriječiti problem i osigurati da se prikupljaju tačni i korisni podaci. Naravno, kako bi se osigurao plasman proizvoda na domaćem i svjetskom tržištu nameće se obaveza kompanijama za usklađivanja sa standardima i specifikacijama i međusobno priznavanje mjerenja i ispitivanja, što jednim dijelom i osigurava sama MSA metoda. Analiza koja je provedena u ovom radu pokazuje da se odgovarajućom primjenom metoda MSA omogućava jednostavna i brza obrada rezultata mjerenja kao i mogućnost korekcije samog proizvodnog procesa. Korišteni softveri u radu analiziraju mjerne rezultate različito, softver solara.MP je jednostavniji, nije potrebno određeno predznanje kako bi se razumjeli rezultati dobijeni analizom, i potvrda o valjanosti mjernog sistema, dok softver Minitab ipak zahtijeva određena predznanja kako bi se razumjeli rezultati analize. Iz svega rečenog vidljivo je da MSA omogućava vrijedne podatke za neposredna, ali i dugoročna poboljšanja u radu kompanije: poboljšanje kvaliteta proizvoda i usluga, smanjenje troškova i povećanje zadovoljstva klijenata.

6. REFERENCES

- [1] MANN+HUMMEL: MHG-EN-P-0010, Measurement System Analysis, 2017.
- [2] Bednjanc, F.: Procjena kvaliteta mjernog sustava, Fakultet za strojarstvo i brodogradnju, magistarski rad, Zagreb, 2014, (izvor: [view \(unizg.hr\)](http://www.unizg.hr))
- [3] Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation: Measurement Systems Analysis Reference Manual 4th edition, 2010.