

ALATI ZA UPRAVLJANJE KVALITETOM U PRIMJENI

na primjeru vanjske mehaničke obrade brušenjem prečnika rukavca pogonskog zupčanika pumpe visokog pritiska 6 50 351 128 na kotu Ø18e6

QUALITY CONTROL TOOLS IN APPLICATION

through example of external mechanical grinding of sleeve diameter driving gear of high pressure pumps 6 50 351 128 to diameter Ø18e6

Ismar Alagić, dipl.ing., Fabrika pumpi i prečištača "Pobjeda", Bukva b.b. 74260 Tešanj, Bosna i Hercegovina

REZIME

Ovaj rad prezentuje različite tehnike korištene za rješavanje QS problema, a svima poznate kao QS alati. Kaoru Išikava je predložio sljedeće alate: obrazac za prikupljanje podataka, dijagram toka, dijagram uzroka i posljedica, kontrolna karta, histogram, Pareto dijagram i korelacijski dijagram. Stručnjaci iz oblasti kvaliteta navedene alate nazivaju: sedam osnovnih alata ili sedam osnovnih statističkih alata za poboljšanje kvaliteta. Alati za upravljanje kvalitetom posebno su važno sredstvo za praćenje i postizanje stabilnosti procesa te osiguranja projektovanog kvaliteta proizvoda. To se u pravilu postiže zapisom podataka o kvalitetu kao i dokumentovanom sprečavanju grešaka i rješavanjem problema. U radu se govori o sedam alata za upravljanje kvalitetom kroz primjer mehaničke obrade brušenjem gdje su ovi alati uspješno primjenjeni.

Ključne riječi: alati za upravljanje kvalitetom, obrada brušenjem, pumpa visokog pritiska, prečnik rukavca pogonskog zupčanika.

SUMMARY

This paper lists the various techniques used in QS problem solving and known collectively as the QS tools. Kaoru Ishikawa proposed the following tools: Data acquisition form, Flow chart, Cause and Effect Diagrams-Ishikawa chart, Control chart, Histogram, Pareto chart and Correlation chart. Quality practitioners refer to these tools as the seven basic tools or seven basic statistical tools for quality improvement. Quality control tools have especially important role like devices for tracing and achieving stability of process and assurance of designed quality of products. It is achieved with booking appropriate information about quality and also with documented errors prevention and solving the problem. Seven tools for quality control through successful example of application for mechanical grinding is analysed in this paper.

Key words: quality control tools, grinding, high pressure pump, sleeve diameter of driving gear.

1. UVOD

Alati za upravljanje kvalitetom su veoma važno sredstvo za postizanje, praćenje i unapređenje kvaliteta proizvoda i procesa u smislu otkrivanja grešaka i otklanjanja njegovih uzroka. U ovome radu je obrađeno 7 alata za upravljanje kvalitetom koje je preporučio Kaoru Išikava, a za djelotvorno prepoznavanje i analizu problema kao temelj korekcijskih mjera na koti Ø18e6 prečnika rukavca pogonskog zupčanika pumpe visokog

pritiska 6 50 351 128 od proizvođača "Pobjeda"-Tešanj, a nakon mehaničke obrade brušenjem.

2. PUMPA VISOKOG PRITISKA (HIDRAULIČNA PUMPA)

Pod hidrauličnom pumpom podrazumijeva se uređaj u kome se pomoću tečnosti prenosi energija sa jednog mjesta na drugo.

Svaki hidraulični sistem, bez obzira na stepen složenosti, sastoji se od sljedeće tri osnovne grupe elemenata: pogonskog agregata, upravno-regulirajućih elemenata i izvršnog organa. Analizirana pumpa prema izvedbi pogonskog agregata spada u zupčaste pumpe. Pumpa 6 50 351 128 koristi kao radni fluid mineralno ulje HIDROL 46 SUPER i namijenjena je za pogon radnih priključaka traktora. Pumpa obavlja transport ulja preko dva zupčanika koji rade u sprezi. Zupčanici zajedno sa rukavcima su izrađeni od čelika Č.4320 za cementaciju. Zupčanici su smješteni u prostor između dva plivajuća elementa i kućišta. Ova dva elementa su izrađena od ekstrudirane aluminijske legure

Zaptivanje se ostvaruje sistemom zaptivki smještenih u pumpu. Pumpa je lijevog smjera okretanja odnosno ima smjer suprotan smjeru kazaljke na satu. Ovu vrstu pumpi odlikuje vrlo visok stepen iskorištenja $\eta_c=0,91-0,95$.

Tehničke karakteristike pumpe 6 50 351 128 su[5]:

•smjer okretanja.....	lijevi
•specifični protok.....	$17 \frac{cm^3}{okretaj}$
•radni pritisak	
-nazivni.....	20 MPa
-maksimalni.....	25 Mpa
•radni broj okretaja	
-minimalni.....	$500 \frac{o}{min}$
-nazivni.....	$1\ 500 \frac{o}{min}$
-maksimalni.....	$3\ 000 \frac{o}{min}$

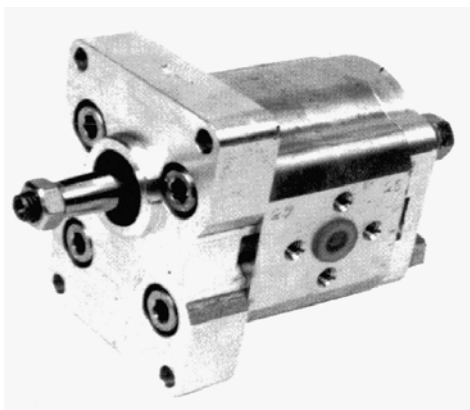
Stepen iskorištenja ovih pumpi - mase po jedinici predate snage kreću se od

$$0.2 \frac{kg}{kW} \text{ do } 1 \frac{kg}{kW} .$$

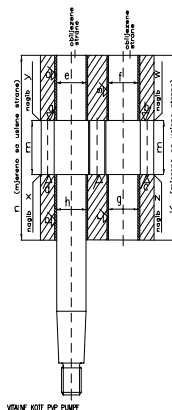
Životni vijek ove pumpe kao najosjetljivijeg dijela hidrauličnog sistema kreće se od 5 000 do 10 000 radnih časova. Pošto je kriterijum za klasifikaciju ovih pumpi specifični protok, to su svi elementi pumpe potpuno konstruktivno identični izuzev poklopca i rukavca zupčanika. Mijenjanjem ova dva elementa, mijenja se i specifični protok pumpe. Kao vitalne kote pumpe 6 50 351 128 uzimaju se:

- zbirna veličina širine zupčanika i plivajućih elemenata,
- istrošenost rukavaca i kliznog ležaja.

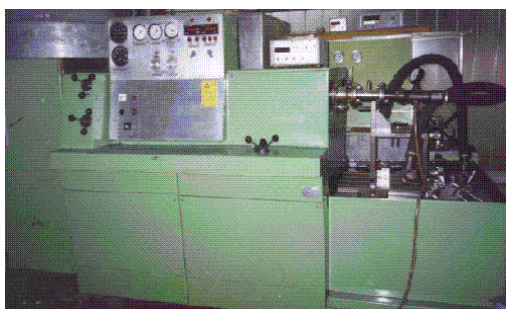
Iz svega navedenog slijedi da je potrebno upravo korištenjem alata kvaliteta utvrditi karakter promjene prečnika rukavca pogonskog zupčanika pumpe visokog pritiska 6 50 351 128. Trošenje ove vitalne kote analizirane pumpe se utvrđuje kontrolisanjem nakon izrade , kao i dugotrajnog ispitivanja ove pumpe na funkcionalnost nakon 100,500 i 1000 radnih časova.



Slika 2.1. Pumpa visokog pritiska 6 50 351 128



Slika 2.2. Prikaz vitalnih kota kod pumpe visokog pritiska



Slika 2.3. Probni sto za dugotrajna ispitivanja pumpe visokog pritiska



Slika 2.4. Trokoordinatne mjerne mašine EURO C-544 CNC i EURO C-776 CNC

3. **SEDM ALATA ZA UPRAVLJANJE KVALITETOM U PRIMJENI** na primjeru mehaničke obrade brušenjem prečnika rukavca pogonskog zupčanika pumpe visokog pritiska

Kaoru Ishikawa predlaže sljedećih sedam alata za upravljanje kvalitetom /3/:

1. Obrazac za prikupljanje podataka (Data acquisition form),
2. Dijagram toka (Flow chart),
3. Dijagram uzroka i posljedica-Ishikawa dijagram (Cause and Effect Diagrams-Ishikawa chart),
4. Kontrolna karta (Control charts),
5. Histogram (Histogram),
6. Pareto dijagram (Pareto chart),
7. Korelacijski dijagram (Correlation chart).

Putem navedenih sedam alata za upravljanje kvalitetom potrebno je osigurati projektovani kvalitet pumpe visokog pritiska 6 50 351 128 praćenjem promjene prečnika rukavca pogonskog zupčanika analizirane pumpe i postizanjem stabilnosti analiziranog procesa.

3.1. Obrazac za prikupljanje podataka - "Strichlista"

Oblik obrasca za prikupljanje podataka u suštini zavisi od tipa podataka i to: da li su oni numerički ili atributivni /4/.

Za atributivne podatke obrazac mora da obuhvati različite tipove mogućih pojava (kvarova). Dok za numeričke podatke, obrazac treba da omogući unošenje vrijednosti odgovarajućih veličina, težina, dužina, visina i slično (u našem slučaju prečnika rukavca pogonskog

zupčanika kod pumpe 6 50 351 128) koje se javljaju na izabranom uzorku. Uobičajeno je da prvi korak u ovoj analizi treba da predstavlja prosto bilježenje podataka čime oni postaju raspoloživi obrazac za prikupljanje podataka omogućava sistematično prikupljanje podataka i olakšava poznavanje zakonitosti odnosno nagomilavanja, zbog dobijanja jasne slike stvarnosti. On čini osnovu za dalju grafičku obradu i bitno olakšava analizu.

Ovom jednostavnom metodom utvrđuju se kategorije grešaka nekog proizvoda i pojavljivanje tih grešaka zapisuje se u obliku "Strichliste" (zapis pomoću crtica) /3/. U ovome primjeru, brušenja rukavca pogonskog zupčanika kod analizirane pumpe, izdvojeno je 100 elemenata čije su mjere prezentovane u spisku mjera istim redoslijedom kako su ovi elementi obrađivani na brusilici tipa "MINI 615" proizvođača "Majevica"-Bačka Palanka /5/. Dobijene vrijednosti predstavljaju mjere dobijene mjerenjem na trokoordinatnoj mjerneoj mašini EURO C - 776 CNC prikazane i odštampane na računaru. Uzorak veličine 100 rukavaca je dovoljno veliki da nam pruži potrebnu sliku o analiziranoj pojavi /1/. Spisak mjera prikazan sam za sebe, ne daje mogućnost lakog zaključivanja o posmatranoj pojavi.

Međutim, grupisanjem dobijenih rezultata mjerenja može se formirati sljedeći obrazac za prikupljanje podataka-"Strichlista" koji pruža mnogo više informacija u odnosu na spisak mjera.

17,963	17,962	17,961	17,967	17,961
17,965	17,964	17,963	17,967	17,960
17,969	17,964	17,963	17,959	17,963
17,961	17,969	17,963	17,960	17,958
17,964	17,958	17,965	17,960	17,966
17,963	17,965	17,967	17,963	17,960
17,968	17,962	17,961	17,965	17,963
17,959	17,964	17,961	17,964	17,965
17,962	17,966	17,963	17,965	17,966
17,962	17,965	17,962	17,962	17,959
17,964	17,961	17,962	17,963	17,960
17,960	17,961	17,963	17,963	17,961
17,964	17,966	17,959	17,964	17,964
17,970	17,968	17,964	17,958	17,964
17,962	17,964	17,963	17,957	17,966
17,962	17,966	17,965	17,963	17,959
17,964	17,968	17,961	17,965	17,963
17,964	17,962	17,962	17,967	17,960
17,967	17,962	17,962	17,967	17,965
17,957	17,956	17,965	17,958	17,961

Slika 3.1. Spisak mjera

Iz obrasca za prikupljanje podataka može se uočiti određena stabilnost procesa (oblik Gausove krive) te da je većina elemenata analiziranog rukavca urađena na mjeru od 17,960-17,966 mm a što je sredina tolerantnog polja.

3.2. Dijagram toka

Dijagram toka je alat čija je svrha da komplikovane tokove sa različitim nadležnostima i zadacima toka prikaže, da njihova struktura i logika bude jasna i transparentna. Iz dijagrama toka učesnici lako prepoznaju svoje različite zadatke.

Tabela 3.1.

Mjera $\varnothing 18e6$ ($\varnothing 18_{-0,043}^{-0,032}$)	Broj elemenata	Σ
17,956	I	1
17,957	II	2
17,958	IIII	4
17,959	IIIII	5
17,960	IIIIII	7
17,961	IIIIIIII	10
17,962	IIIIIIIIII	13
17,963	IIIIIIIIIII	15
17,964	IIIIIIIIIIII	14
17,965	IIIIIIIIII	11
17,966	IIIIII	6
17,967	IIIII	5
17,968	IIII	3
17,969	II	2
17,970	I	1
	Ukupno	100

Obrazac za prikupljanje podataka

3.2. Dijagram toka

Dijagram toka je alat čija je svrha da komplikovane tokove sa različitim nadležnostima i zadacima toka prikaže, da njihova struktura i logika bude jasna i transparentna. Iz dijagrama toka učesnici lako prepoznaju svoje različite zadatke. Opisno formulisanje cjelokupnog toka bilo bi mnogo teže shvatiti i sagledati.

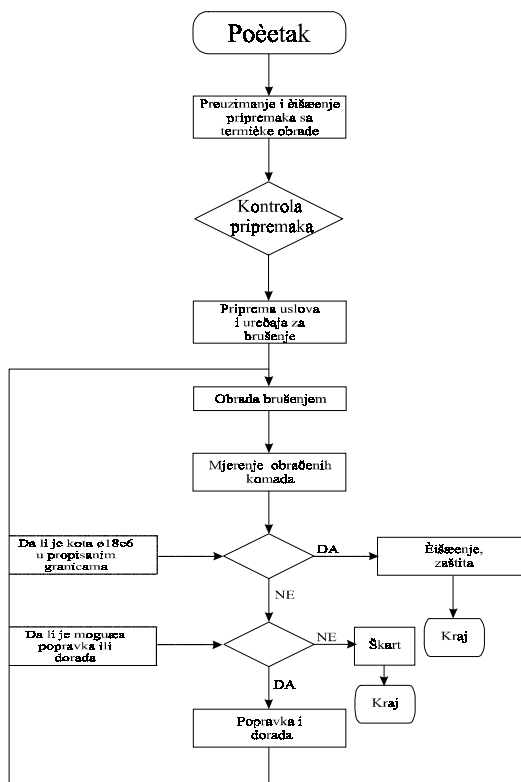
Na slici 3.2. prikazan je dijagram toka za analizirani primjer mehaničke obrade brušenja analiziranog rukavca pogonskog zupčanika kod pumpe visokog pritiska 6 50 351 128.

3.3. Dijagram uzroka i posljedica-Ishikawa dijagram

Dijagram uzroka i posljedica (koji se takođe zove Ishikawa dijagram ili dijagram "riblja kost") je grafički prikaz, koji prikazuje uzroke analiziranog problema u zbijenom obliku logično i stepenasto. Ova metoda se pripisuje japanskom stručnjaku Kaoru Ishikawi, koji ju je početkom pedesetih godina ovoga vijeka uveo u japansku industriju čelika.

Potrebno je dati kompletan pregled uzroka problema tako da se ne bi isključio niti jedan uzrok koji u kasnijoj analizi može rezultirati osnovnom uzročno-posljedičnom vezom. Prema Ishikawi, određeni učinak rijetko počiva na jednom jedinom uzroku, pogotovo ne na onome koji se čini da leži na dlanu. Klasifikacija uzroka se vrši prema karakteru, načinu dejstva i sličnim obilježjima. Skup svih uzroka razvrstava se na osnovne grupe i svaki pojedinačni uzrok alokira u određenu grupu, pri čemu broj grupa nije ograničen, ali postoje preporuke koje se prije svega odnose na preglednost dijagrama i efikasnost metode uopšte.

Primjer utvrđivanja broja grupa, u slučaju razmatranja problema lošeg kvaliteta proizvoda kao posljedice, je sistem **4M**, gdje se svi uzroci iz pregleda uzroka alokiraju u jednu od sljedećih grupa: učesnici u procesu rada-čovjek (**M**anpower), materijali (**M**aterials), postupci rada (**M**ethods) i sredstva rada-mašine (**M**achines). Pri praktičnoj metode slobodno se definišu vlastite grupe uzroka, koje odgovaraju ispitivanom učinku, tako da se često kao druge grupe mogućih uzroka javljaju okolina (**M**itwelt) i upravljanje (**M**anagement). Da bi se analizom odredili uzroci za određenu posljedicu, korisno je ispitati sve moguće uzroke za jedan identifikovani problem prema dijagramu uzroka i posljedica, ispitati njihovu prisutnost i učinak, te pomoću principa isključivosti (težinskom analizom) izbaciti uzroke koji ne dolaze u obzir /2/.



Slika 3.2. Dijagram toka

Pri formiranju dijagrama uzroka i posljedica prvo se unese ispitivani učinak (u našem slučaju "nizak kvalitet proizvoda, dorada i škart") desno na kraju vodoravne crte. Zatim se granaju skupine glavnih uzroka (učesnik u procesu rada, alat, mašina, ostali uticaji) u obliku riblje kosti. Pri tome se primjenjuju kreativne tehnike, kao na primjer "brainstorming" uz učešće što više stručnjaka kojima je nastali problem blizak. Na taj način se definišu mogući pojedinačni uzroci unutar glavnih uzroka (npr. motivacija, stručnost, izostajanje sa posla i stepen koordinacije unutar uzroka učesnici u procesu rada-čovjek) i upisuju se na horizontalnim strelicama. Pošto, uzroci identifikovani i razvrstani u grupe ne moraju biti i najčešće nisu nezavisni. Vrlo česta je pojava da su dva ili više uzroka takođe u uzročno-posljedičnoj vezi. Stoga, u takvim slučajevima postoji potreba daljeg širenja (grananja) dijagrama uzroci-posljedica (npr. umor, bolest, konfliktne pojave unutar pojedinačnog uzroka izostajanje s posla). Na slici 3.3. dat je prikaz dijagrama uzroka i posljedica.

3.4. Kontrolne karte

Kontrolne karte su moćan alat za procesnu kontrolu, koje se koriste ako su podaci iz procesa dostupni za mjerenje. Kao četvrti alat u ovome pregledu alata za upravljanje kvalitetom, omogućavaju prikazivanje pada toka o kvalitetu u jednom dijagramu sa definisanim graničnim vrijednostima, sa svrhom pravovremenog prepoznavanja i podešavanja odstupanja od planiranog toka procesa. Cilj svakog preduzeća je ekonomska proizvodnja koja odgovara zahtjevima za kvalitet proizvoda. Iz tog razloga proizvodni procesi moraju biti tako koncipirani, praćeni i upravljani da praktično sve proizvedene jedinice ispunjavaju zahtjeve postavljene u specifikacijama. Kontrolne karte su alat koji je veoma efikasan za praćenje i upravljanje procesima. Proces unapređenja procesa korištenjem kontrolnih karata je jedna iterativna procedura, koja se sastoji u ponavljanju fundamentalnih faza prikupljanja, kontrole i analize podataka. Najprije se podaci planski prikupljaju; zatim se na osnovu ovih podataka, izračunavaju kontrolne granice (limiti), koji su osnova u statističkoj kontroli. Kada se proces dovede u stanje statističke kontrole, izračunava se stepen sposobnosti procesa.

Za kontinualno unapređenje procesa, potrebno je ponavljati prethodne faze odnosno prikupiti što više odgovarajućih podataka, redukovati varijacije procesa dovodeći ga u stanje statističke kontrole i nastaviti sa analizom promjenljivosti procesa. Kontrolna karta je obrazac za grafičko prikazivanje vrijednosti, koje se dobivaju ispitivanjem neprekidnog niza uzoraka i koji se, nakon njihovog upisivanja, upoređuju sa kontrolnim granicama i ako je to potrebno, sa granicama upozorenja, a sve sa svrhom upravljanja kvalitetom.

Poznato je više modela kontrolnih karata koje se primjenjuju u zavisnosti od karaktera procesa koji se prati (npr. za numeričke karakteristike kvaliteta to su XR, X karte, dok za atributivne karakteristike kvaliteta to su: p,m,u,c karte). U ovome primjeru mehaničke obrade brušenjem, obzirom da se prati samo jedan parametar-vanjski prečnik elementa (rukavac), najprikladnija je X-karta ili karta mjera - kako se još naziva.

Smatrajući izuzetu količinu od 100 elemenata, jednim uzorkom, urađena je odgovarajuća X-karta sa toleracijskim granicama i granicama upozorenja kao što je prikazano na slici 3.4.

Regulisanje procesa u ovome slučaju se vrši korekcijom reznog alata (tocila) ili parametara operacije brušenja. Takođe se može uočiti nepravovremeno reagovanje na približavanje mjera elementa granicama upozorenja što je izazvalo škart-1 elementa i doradu-3 elementa.

3.5. Histogram

Grafička prezentacija analiziranog primjera se može dati i putem histogramskog prikaza. U mnogim slučajevima moguće je sačiniti histogram od fizičkih karakteristika posmatrane pojave, tako je i u ovome primjeru /4/.

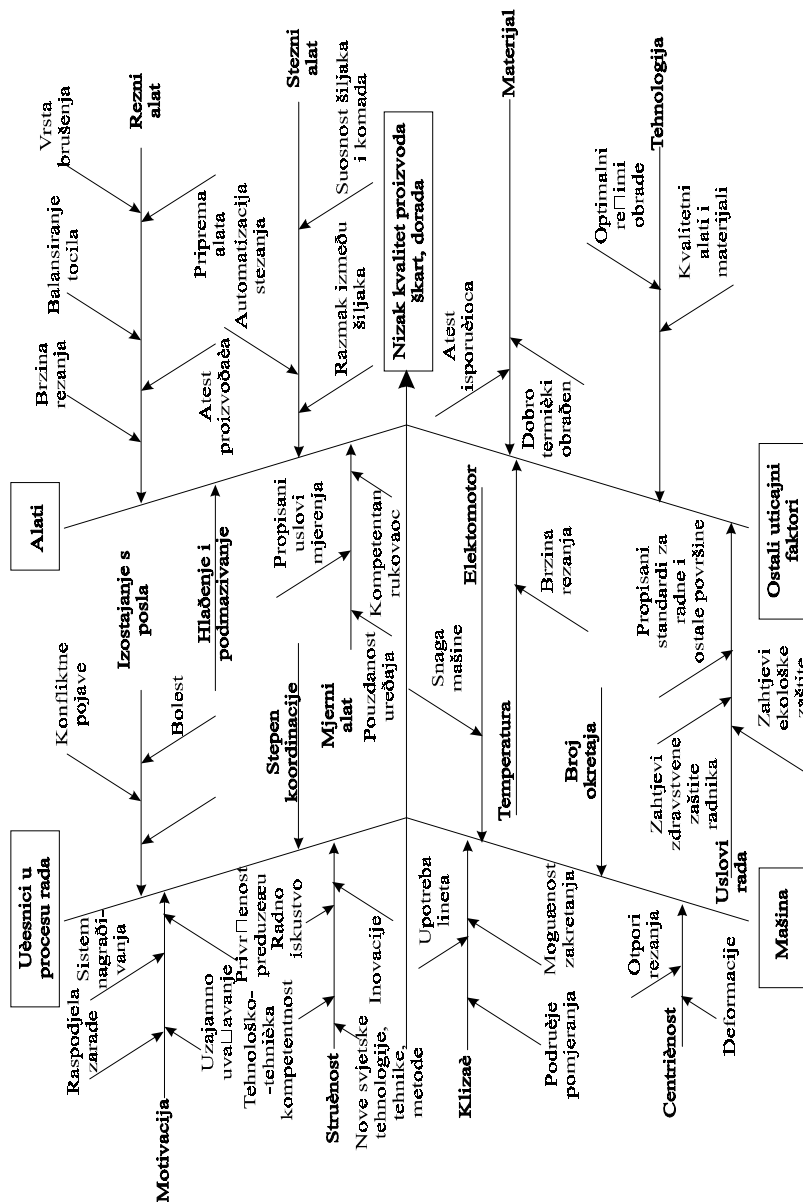
Histogram je klasični grafički prikaz relativnih učestalosti vrijednosti karakteristika (izmjenjenih vrijednosti) nekog procesa, sa svrhom razjašnjenja širine rasipanja i težišta raspodjele (položaj, oblik). Na taj način se lako može uočiti zakonitost i trend procesa. Izgled histograma za primjer koji je predmet ovoga rada prikazan je na slici 3.5. Već na prvi pogled može se zaključiti da histogram posjeduje pravilan oblik Gausova kriva što ukazuje na određenu stabilnost procesa. Ono što je negativno u ovome slučaju je širina rasipanja, što uzrokuje pojavu dorade i škarta jer mali , ali ipak određen broj elemenata izlazi iz propisanih tolerancijskih granica $\varnothing 18e6$ ($D_g=17,968$ mm; $D_a=17,957$ mm).

Regulisanje procesa u ovome slučaju se vrši korekcijom reznog alata (tocila) ili parametara operacije brušenja. Takođe se može uočiti nepravovremeno reagovanje na približavanje mjera elementa granicama upozorenja što je izazvalo škart 1 elementa i doradu 3 elementa.

3.6. Pareto dijagram

Pareto ili **ABC** dijagram je grafička metoda za analizu količinskih, masenih, vrijednosnih i drugih karakterističnih veličina pocesa rada ili vršenja usluga kao i pojava grešaka, uzroka, uzročnika i sličnih problema /4/. Izvođenje Pareto analize u sukcesivnim vremenskim periodima ima puno opravdanje u činjenici da se na taj način mogu sagledati efekti koji su postignuti sa uvođenjem određenih korektivnih mjera u cilju otklanjanja uočenih grešaka i postizanja nivoa kvaliteta. Razumljivo je da se ne može uvijek očekivati jednostavna, potpuna i brza eliminacija svih grešaka,tako da se u najvećem broju slučajeva radi o **step-by-step** postupku /3/.

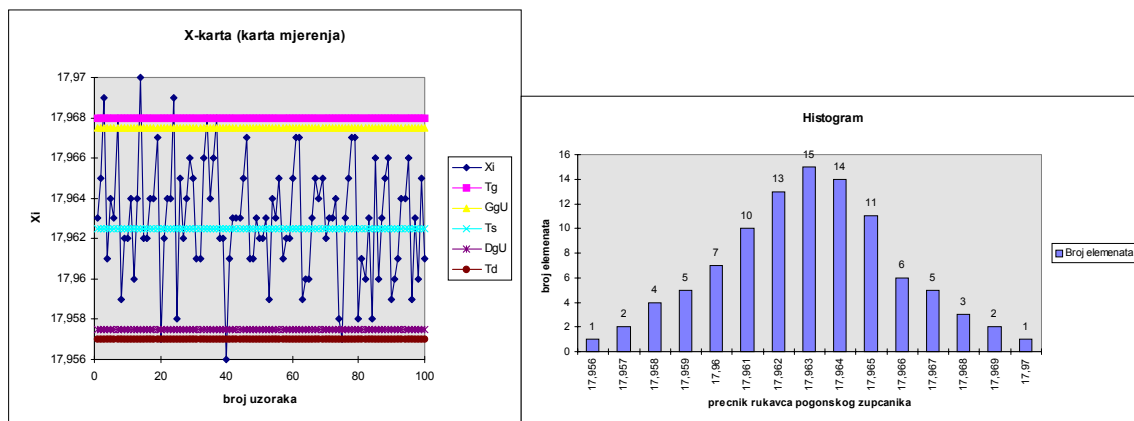
Kombinovanjem rezultata Pareto analize sa analizom dobijenih vremenskih serija, mogu se dobiti potpunije informacije za donošenje poslovnih odluka. Shodno dijagramu uzroka i posljedica, uočili smo da se u proizvodnji rukavca pogonskog zupčanika pojavljuje sljedećih šesnaest vrsta grešaka:



Slika 3.3. Dijagram uzroka-posljedica

- | | | |
|------------------|--------------------|------------------------------|
| A - rezni alat , | F - broj okretaja, | K - mjerni alat , |
| B - motivacija , | G - centičnost, | L - hlađenje i podmazivanje, |
| C - stručnost , | H - elektromotor, | M - izotajanje s posla , |
| D - materijal , | I - klizač, | N - uslovi rada , |
| E - tehnologija | J - stezni alat, | O - stepen koordinacije , |
| | P - temperatura, | |

i da se struktura grešaka značajno ne mijenja, odnosno da se ne pojavljuju nove greške, kao i da ne nestaju već uočene. Posmatranje se odnosi na 10 000 komada rukavaca pogonskog zupčanika pumpe visokog pritiska 6 50 351 128 iz tekuće proizvodne serije.



Slika 3.5. Histogram

Legenda: T_g -gornja granica tolerancije, G_{gU} -gornja granica upozorenja, T_d -donja granica tolerancije, D_{gU} -donja granica upozorenja, T_s -srednja tolerancija.

Slika 3.4.. X-karta (karta mjerenja)

Sve navedeno se obavlja u tri vremenska perioda posmatranja i to:

- poslije 100 radnih časova ispitivanja (I period),
- poslije 500 radnih časova ispitivanja (II period),
- poslije 1000 radnih časova ispitivanja (III period).

U tabelama 3.2., 3.3. i 3.4., dati su podaci o rasporedu grešaka u prvom, drugom i trećem periodu posmatranja kao i elementi potrebni za provođenje Pareto analize. Rezultati provedene Pareto analize na analiziranom rukavcu upućuju na sljedeće zaključke:

- u prvom periodu (Tabela 3.2., Grafikon na slici 3.7.) može se zaključiti da glavnina svih grešaka otpada na greške A, B i C;

- u drugom periodu (Tabela 3.3., grafikon na slici 3.8) pod pretpostavkom provedenih korektivnih mjera, može se zapaziti da nije više dominantno učešće grešaka A, B i C, te da sada greške A, C, B, D, E i G čine 80% svih grešaka. To znači da su korektivne mjere dale određene pozitivne rezultate, ali da su greške još uvijek prisutne;

- zbog toga se i dalje vrše korekcije, tako da u trećem periodu (Tabela 3.4. i Grafikon na slici 3.9.) na greške A, C, B, D i E otpada 79% ukupnih grešaka.

Radi dobijanja cjelovite slike o nastalim promjenama možemo zapaziti i sljedeće:

- ako se posmatra ukupan broj grešaka, može se zapaziti da je on značajno smanjen od prvog do drugog perioda (sa 500 na 250 grešaka, stopa rasta 50 %), dok od drugog do trećeg perioda taj intenzitet nije postignut (smanjenje sa 250 na 214 grešaka, stopa rasta - 14,4%) tako da se može zaključiti da korektivne mjere nakon drugog perioda nisu u ukupnom iznosu dale takve rezultate kao u slučaju poslije prvog perioda;

- najveće posljedice korektivnih mjera mogu se zapaziti kod grešaka A i B nakon prvog perioda;

- nakon drugog perioda ispitivanja, najveće relativne promjene su izražene kod smanjenja greške B što je izuzetno značajno, te kod grešaka G, K, J, I i L ali što zbog njihovog relativno malog učešća nije posebno značajno. Iako su korektivne mjere kod greške A uticale na njeno smanjenje nakon drugog perioda, to ipak ne predstavlja dovoljno značajne promjene;

- kada se posmatra greška E, tu su promjene jako značajne, jer se uzlazna tendencija od prvog do drugog perioda nastavlja i poslije drugog perioda;

- kada se posmatra greška C, tu su promjene takve da se uzlazna tendencija od prvog do drugog perioda transformiše u silaznu tendenciju poslije drugog perioda.

Iz svega navedenog se može zaključiti da korektivne mjere nakon drugog perioda nisu dovele do značajnih promjena u strukturi učešća grešaka.

Tabela 3.2.

Vrsta greške	Broj grešaka	Kumulanta broja grešaka	Procentualn o učešće grešaka (%)	Kumulanta procentualn og učešća grešaka (%)
A	209	209	41,8	41,8
B	107	316	21,4	63,2
C	78	394	15,6	78,8
D	45	439	9	87,8
E	21	460	4,2	92
F	10	470	2	94
G	8	478	1,6	95,6
H	7	485	1,4	97
I	5	490	1	98
J	3	493	0,6	98,6
K	2	495	0,4	99
L	1	496	0,2	99,2
M	1	497	0,2	99,4
N	1	498	0,2	99,6
O	1	499	0,2	99,8
P	1	500	0,2	100

Tabela 3.3

Vrsta greške	Broj grešaka	Kumulanta broja grešaka	Procentualn o učešće grešaka (%)	Kumulanta procentualn og učešća grešaka (%)
A	86	86	34,4	34,4
B	40	126	16	50,4
C	27	153	10,8	61,2
D	22	175	8,8	70
E	14	189	5,6	75,6
F	11	200	4,4	80
G	10	210	4	84
H	9	219	3,6	87,6
I	8	227	3,2	90,8
J	7	234	2,8	93,6
K	6	240	2,4	96
L	3	243	1,2	97,2
M	3	246	1,2	98,4
N	2	248	0,8	99,2
O	1	249	0,4	99,6
P	1	250	0,4	100

Tabela 3.4

Vrsta greške	Broj grešaka	Kumulanta broja grešaka	Procentualn o učešće grešaka (%)	Kumulanta procentualn og učešća grešaka (%)
A	76	76	35,6	35,6
B	28	104	13,1	48,7
C	24	128	11,2	59,9
D	21	149	9,8	69,7
E	20	169	9,3	79
F	11	180	5,1	84,1
G	9	189	4,2	88,3
H	6	195	2,8	91,1
I	5	200	2,3	93,4
J	4	204	1,9	95,3
K	3	207	1,4	96,7
L	2	209	0,9	97,6
M	2	211	0,9	98,5
N	1	212	0,5	99
O	1	213	0,5	99,5
P	1	214	0,5	100

3.7. Korelacijski dijagram- Dijagram rasipanja

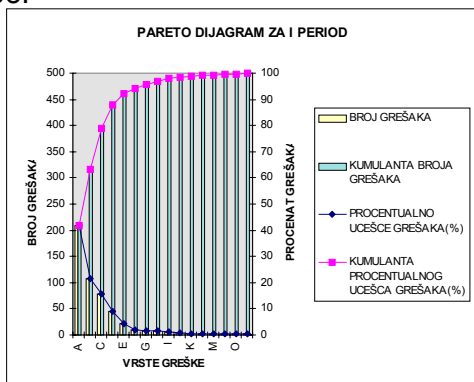
Korelacijski dijagram ili dijagram rasipanja predstavlja grafički prikaz rezultata regresione i korelacione analize, dakle statističkih metoda u analizi veza između promjenljivih /3/. Područje primjene predmetne metode svodi se na analizu međuzavisnosti dva skupa podataka za koje nije utvrđena eksplicitna matematičko-funkcionalna zavisnost nego je data međuzavisnost statistička ili korelaciona. Metode korelacione analize, čija je grafička interpretacija dijagram rasipanja, nalaze primjenu svuda gdje je potrebno sljedeće /3/:

- utvrditi postojanje međuzavisnosti dva skupa podataka koji imaju određeno zajedničko obilježje,

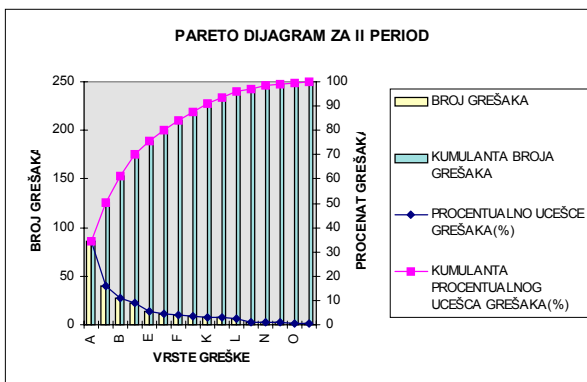
- ocijeniti intenzitet međuzavisnosti data dva skupa podataka.

Stoga, korelacijski dijagram ili dijagram rasipanja je grafički prikaz odnosa pripadajućih varijabli, zbog prepoznavanja veze između njihovih vrijednosti. Iz njega se vidi kako se sa promjenom nezavisne promjenljive X mijenja zavisno promjenljiva Y. Za primjer posmatrane mehaničke obrade brušenjem uspostavljena je korelacija između prečnika rukavca

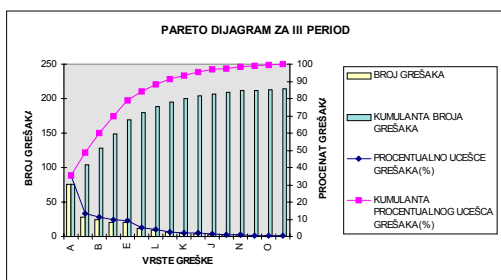
pogonskog zupčanika Xi i ostvarenog protoka Yi analizirane pumpe visokog pritiska 6 50 351 128. U tabeli 3.5. dati su odnosi prečnika elementa-rukavca i ostvarenog protoka analizirane pumpe.



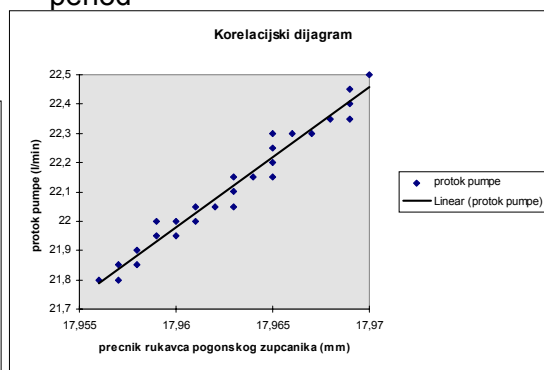
Slika 3.7. Grafikon-Pareto dijagram za I period



Slika 3.8. Grafikon-Pareto dijagram za II period



Slika 3.9. Grafikon-Pareto dijagram za III period



Slika 3.10. Korelacijski dijagram

Tabela 3.5.

protok preč.	21,8	21,85	21,9	21,95	22	22,05	22,1	22,15	22,2	22,25	22,3	22,35	22,4	22,45	22,5
17,956	x														
17,957	x	x													
17,958		x	x												
17,959				x	x										
17,960				x	x										
17,961					x	x									
17,962						x									
17,963						x	x	x							
17,964								x							
17,965								x	x	x	x				
17,966											x				
17,967											x				
17,968												x			
17,969												x	x	x	
17,970															x

Iz prikazanog dijagrama se vidi da je između navedenih parametara (prečnik rukavca i ostvareni protok pumpe) uspostavljena jaka pozitivna korelacija. Dijagram rasipanja ili korelacijski dijagram ima značajnu praktičnu primjenu kod procesa u kojima je otežano pratiti neki parametar direktno, već se mora to učiniti indirektno preko drugog lakše mjerljivog parametra, pri čemu se mora uspostaviti odgovarajuća korelacija između istih. Kao zaključak može se primjetiti da je posebno značajna primjena dijagrama rasipanja u kombinaciji sa

drugim, prije svega kvalitativnim metodama i tehnikama za povišenje kvaliteta proizvoda i procesa rada.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Primjena alata za upravljanje kvalitetom je prezentovana na primjeru vanjske mehaničke obrade brušenjem prečnika rukavca pogonskog zupčanika pumpe visokog pritiska 6 50 351 128, iz proizvodnog programa preduzeća "Pobjeda"-Tešanj na kotu $\varnothing 18e6$ ($D_g=17,968$; $D_a=17,957$). Pumpa visokog pritiska kao proizvod sa vrlo širokom lepezom različitih tipova predstavlja vrlo sofisticiranu tvorevinu sa strogim zahtjevima u pogledu konstruisanja, izrade tehnologije, proizvodnje, osiguranju kvaliteta i marketinškog plasmana. Pošto prečnik rukavca pogonskog zupčanika predstavlja jednu od vitalnih kota kod pumpe visokog pritiska, to je potrebno ovoj veličini posvetiti dužnu pažnju kako pri izradi tako i trošenju kao i karakteru trošenja ove kote pri dugotrajnom ispitivanju na funkcionalnost u trajanju od 100,500 i 1000 radnih časova pri različitim režimima rada. Sve navedeno je potrebno iz razloga jer analizirana pumpa radi na radnom pritisku od 20 MPa i mora u toku čitavog svoga rada zadržati stepen iskorištenja iz sljedećeg područja $\eta_c=0,90-0,95$. Primjenom sedam alata za upravljanje kvalitetom na primjeru mehaničke obrade brušenjem sa ciljem smanjenja dorade i škarta uz pronalaženje uzroka i otklanjanje istih može se zaključiti sljedeće:

- proces obrade analiziranih elemenata brušenjem nije dovoljno stabilan, te ga treba na samom početku procesa nakon svakih urađenih 5-10 elemenata regulisati. Navedeno regulisanje se naročito odnosi na urađenih prvih 40 elemenata i ono se sprovodi u prvom redu korekcijom reznog alata ili parametara mehaničke obrade.
- glavni faktori koji utiču na pojavu dorade i škarta su: rezni alat; učesnik u procesu rada (motivacija i stručnost). Odstranjivanjem ovih uzroka dorada i škart bi bili smanjeni za 60-80%.

Uz sve navedene korektivne mjere može se ustvrditi da analizirani proces u potpunosti zadovoljava sve propisane zahtjeve.

5. LITERATURA

- /1/ Alagić I., Ekinović S., Hodžić N., Kovačević M. : EXPERIMENTAL MODELLING OF GEAR PUMP (1 20 47 000 TYPE FLOW", RIM 2, Bihać, 1999.
- /2/ Seferović E., Čengić D. : "ALATI ZA UPRAVLJANJE KVALITETOM U PRIMJENI-na primjeru vanjske mehaničke obrade čeličnog cilindričnog dijela na kotu F 104,7.*0,04 mm", Mašinstvo broj 4, 1998., oktobar-decembar, str.193-204,
- /3/ Grupa autora: TOTAL QUALITY MANAGEMENT-A CROSS-FUNCTIONAL PERSPEKTIVE, John Wiley&Sons, New York, 1996.,
- /4/ Grupa autora: Sistem kvaliteta-Unapređenje-Metode i tehnike, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Institut za industrijske sisteme i IIS, Novi Sad, 1999.,
- /5/ DD "Pobjeda"-Tešanj: "Kontrolni izvještaji i zapisi", 1999.