

**“PRIMJENA FMEA METODE NA PROCES MAŠINSKE OBRAD  
KOČIONOG DISKA 1J0 615 601”**

**“APPLICATION OF FMEA METHOD IN MACHINING PROCESS OF  
BRAKING DISK 1J0 615 601”**

**Ismar Alagic**

**Factory of automobile parts, FAD d.d. Jelah / Faculty of Mechanical Engineering in  
Zenica  
Bosnia and Herzegovina**

**Ključne riječi:** Analiza načina i efekata otkaza (FMEA), proces mašinske obrade, kočioni disk.

**REZIME**

*Analiza načina i efekata otkaza je jedan efektivni inženjerski alat za ocjenu sistema u brojnim fazama procesa konstruisanja.*

*Proizvodni proces mašinske obrade kočionog diska, kao složen sistem sa velikim brojem uticajnih faktora, zahtjeva permanentno praćenje i analizu djelovanja faktora i njihov uticaj na proces sa svrhom njegovog održavanja u zahtjevanim granicama. Uspjeh aktivnosti na poboljšanju kvaliteta povećava se primjenom odgovarajućih metoda i tehnika.*

*U ovom radu je data analiza procesa mašinske obrade kočionog diska (proizvoda iz proizvodnog programa FAD) primjenom FMEA metode (Failure Mode and Effects Analysis) koja je pogodna za ovu vrstu procesa. Na osnovu analize se zaključuje da je proces stabilan.*

**Key words:** Failure Modes and Effect Analyses (FMEA), machining process, braking disk.

**ABSTRACT**

*Failure Modes and Effect Analyses (FMEA) is an effective engineering tool for evaluating systems at a number of stages in the design process.*

*Production process of braking disk machining is complex system with a great number of influential factors and their influence on the process with the aim of his maintenance within the required limits.*

*The success of the quality improvement is greatly improved by using suitable methods and techniques.*

*One of them, namely FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) is used in this work. It is applied to machining of braking disk as a product quality that are produced in the Factory of automobile parts, FAD d.d. Jelah, Bosnia and Herzegovina. According to the analysis it is concluded that the process is stable.*

**1. UVOD**

Analiza načina i efekata otkaza je jedan efektivni inženjerski alat za ocjenu sistema u brojnim fazama procesa konstruisanja. FMEA analiza može biti korištena da ponudi odgovor na nekoliko pitanja u svezi operacija i sigurnosti sistema, i područja gdje poboljšanja mogu imati značajan uticaj na performanse sistema. FMEA takođe omogućava modeliranje inženjerskih promjena u postojećim sistemima. Ukratko, to je način predviđanja i određivanja

gdje mogu biti locirane potencijalne greške. Takođe, primjena FMEA je veoma značajna u automobilskoj industriji, posebno u procesima mašinske obrade dijelova kočionog sistema i upravljačke transmisije za putnička vozila. To uključuje identificiranje svih potencijalnih grešaka, određivanje krajnjih efekata za svaku potencijalnu grešku i određivanje kritičnosti efekata ovih grešaka.

## **2. PRIMJENA FMEA METODE NA PROCES MAŠINSKE OBRADJE KOČIONOG DISKA 1 J0 615 601 U PREDUZEĆU FAD d.d. JELAH-TEŠANJ**

Preduzeće FAD (Fabrika za proizvodnju automobilskih dijelova) d.d. Jelah posjeduje certifikat za implementirani sistem kvaliteta prema zahtjevima standarda ISO 9001 od 1999. godine. Navedeni certifikat je dobijen od strane akreditacijske kuće TÜV Management Service GmbH. Značajnu podršku funkcionisanju sistema kvaliteta u navedenom preduzeću predstavljaju mnogobrojne metode i tehnike koje se primjenjuju u sklopu redovnih radnih aktivnosti. Jedno od najznačajnijih mjesta među metodama i tehnikama kvaliteta prisutnih kod subjekata iz autoindustrije, svakako zauzima i primjena FMEA metode.

FTA-Analiza stabla otkaza (Fault Tree Analysis) je razvijena za potrebe avionske industrije i predstavlja detaljnu deduktivnu metodu koja zahtjeva veliki broj informacija o sistemu. Koristi se u projektovanju i dijagnostici. Cilj konstruisanja stabla otkaza je modeliranje uslova koji rezultiraju u pojavi vršnog-neželjenog otkaza.

FMEA i FMECA-Analiza načina, efekata i kritičnosti otkaza je induktivna metoda usmjerena na analizu uticaja pojedinačnih otkaza na rad sistema. Izvodi se pomoću pravila kojima su obuhvaćeni:

- a) Analiza načina i efekata otkaza;
- b) Analiza kritičnosti;
- c) Analiza pogodnosti za održavanje;
- d) Analiza šteta nastalih otkazom.

Predmetne metode zasnivaju se na teoriji pouzdanosti i posjedovanju velikog broja podataka dobijenih praćenjem rada sistema (proizvoda) u vremenu.

Dijelovi iz kočionog sistema za program putničkih vozila spadaju u grupu dijelova od životne važnosti (dijelovi sa "D" karakteristikom). Prema tome za ove grupe automobilskih dijelova (gdje spada i kočioni disk) postavljaju se najstrožiji mogući zahtjevi spram njihove konstrukcije, funkcionalnosti i sigurnosti. Ali ipak, da bi se postiglo sve gore navedeno, osim posjedovanja sofisticirane proizvodno-mjerne opreme, neophodno je i u svakodnevnom radu primjenjivati moderne tehnike kvaliteta (u koje spada i FMEA metoda). FMEA metoda omogućava pravovremeno i preventivno uočavanje potencijalnih neusaglašenosti u procesu sa jasnim prepoznavanjem njihovih uzroka i posljedica. Osim toga, ova metoda definiše vjerovatnoću nastajanja i otkrivanja uočene neusaglašenosti, sa donesenim mjerama za otklanjanje iste i definisanom odgovornošću za njihovo sprovođenje u praksu. Analiza prema FMEA metodi je provedena na primjeru procesa mašinske obrade kočionog diska 1 J0 615 601, prateći cjelokupni tehnološki postupak izrade diska, a što je prikazano na slici 1 (1a, 1b, 1c, 1d).

<b>FAD</b>		<b>D</b>	<b>Analiza mogućnosti i uticaja grešaka /FMEA/</b>					nov dio novi postupak proiz.							
Naziv dijela:		<b>KOČIONI DISK</b>	Model/ sistem proizvodnje	Ime / dobavljač	Potvrda dobavljača	Izrađeno / ime /odjel	Reviziono stanje: 1/22.06.03								
Kodeks dijela:		<b>1J0 615 601</b>	pojedinačna proizvodnja	VW	-	kontrola kvaliteta proizvodnja	list / lista 1/4								
Tehničko stanje izmjene:		09.07.2003.					Odobrio: Ismar Alagić								
Sistem / karakteristika	Potencijalna pogreška	Potencijalna posljedica pogreške	Potencijalni uzroci pogreške	SADAŠNJE STANJE				Preporučene mjere za otklanjanje	Odgovornost	donesene mjere	S T A N J E				
				predviđene ispitne mjere	A	B	C				prioritetni broj rizika /RPZ/	A	B	C	konačni prioritetni broj rizika /RPZ/
struganje prve strane diska	-povećana iskrivljenost kočione površine	-nedostatak dodatka materijala za brušenje	-suport mašine vozi u konus	uvođenje pri strani kontrakonusa	5	2	4	40	dotezanje zazora na kliznim letvama mašine	proizvodnja	kontrola zazora	3	2	4	24
	- kanal nedovoljno ukopan	-povećana krutost kočione površine diska	-istrošena pločica za obradu kanala	povremena kontrola	3	4	4	48	mijenjanje pločica po propisu	proizvodnja	uvođenje u teh. postupak vijeka trajanja rezne pločice	2	4	4	32
struganje druge strane diska	- povećana pravost kočione površine	-nemogućnost postizanja dozvoljenih parametara	-nedovoljno stegnut nosač alata	dotezanje vijaka nosača	3	4	3	36	Stezanje nosača sa više vijaka	alatnica proizvodnja	stalna kontrola	3	4	2	24
paralelno struganje	- povećano bacanje diska po plohi	-nemogućnost postizanja dozvoljenih parametara	-nije izvršena predobrada steznih pakni	povremena kontrola	4	3	4	48	obrada pakni prije puštanja serije	proizvodnja	kontrola prvog komada	3	4	2	24
	-povećana neravnost naliježuće plohe	-povećano bacanje kočione površine	-oslabljen vijak za dotezanje pločice	vizuelna kontrola	4	3	4	48	zamjena vijaka	proizvodnja	kontrola prvog komada	3	4	2	24

  

<b>VJEROVATNOĆA NASATAJANJA /greška se može desiti/</b>	<b>ZNAČENJE / posljedica na kupca /</b>	<b>VJEROVATNOĆA OTKRIVANJA / prije isporuke kupca /</b>	<b>PRIORITETI</b>	<b>A - nastajanje B - značenje C - otkrivanje</b>
- nevjerovatno = 1 - vrlo malo = 2 - 3 - malo = 4 - 6 - umjereno = 7 - 9 - visoko = 9 - 10	- jedva primjetljiva posljedica = 1 - beznačajna greška = 2 - 5 ( nezatno uznemiren kupac) - umjereno teška greška = 4 - 6 - teška greška ( ljutnja kupca)= 7 - 8 - krajnje ozbiljna greška = 9 - 10	- visoko 1 - umjereno 2 - 5 - malo 6 - 8 - vrlo malo 9 - nevjerovatno 10	- visoki 1000 - srednji 125 - nikakav 1	

SLIKA 1(A). FMEA ANALIZA PROCESA MAŠINSKE OBRADJE KOČIONOG DISKA 1J0 615 601 U PREDUZEĆU FAD d.d. JELAH-TEŠANJ.

<b>FAD</b>		<b>D</b>		<b>Analiza mogućnosti i uticaja grešaka /FMEA/</b> Konstruktivnih FMEA      Procesni FMEA						nov dio novi postupak proiz.					
Naziv dijela:		<b>KOČIONI DISK</b>		Model/ sistem proizvodnje		Ime / dobavljač		Potvrda dobavljača		Izrađeno / ime /odjel		Reviziono stanje: 1/22.06.03			
Kodeks dijela:		<b>1J0 615 601</b>		pojedinačna proizvodnja		VW		-		kontrola kvaliteta proizvodnja		list / lista    2/4			
Tehničko stanje izmjene:		09.07.2003.										Odobrio: Ismar Alagić			
Sistem / karakteristika	Potencijalna pogreška	Potencijalna posljedica pogreške	Potencijalna uzroci pogreške	SADAŠNJE STANJE				Preporučene mjere za otklanjanje	Odgovornost	donesene mjere	S T A N J E				
				predviđene ispitne mjere	A	B	C				prioritetni broj rizika /RPZ/	A	B	C	konačni prioritetni broj rizika /RPZ/
	-ovalan otvor na disku /za glavčinu/	-otežana ugradnja diska	-nisu dovoljno stegnute stezne pakne	povremena kontrola	3	6	4	72	sistematsko dotezanje pakni	proizvodnja	ovjera prvog komada	2	4	2	16
označavanje	-slaba vidljivost natpisa	-nemogućnost čitanja natpisa	-loše postavljen alat	povremena kontrola u procesu	4	6	2	48	izrada novog segmenta alata	alatnica	ovjera prvog komada	3	4	2	24
bušenje diska	- loš položaj rupa	-otežana ugradnja	-istrošenost vođica	povremena kontrola	3	5	3	45	zamjena vođica po propisu	alatnica kontrola alata	izrada protumjerke položaja rupa	2	5	2	20
	-mali otvori / suženi /	-otežana ugradnja	-loše naoštrena burgija	povremena kontrola	3	5	3	45	propisan vijek trajanja oštrice	tehnologija proizvodnja	ovjera oštrenja alata	2	5	3	30
	-malo upuštanje šeste rupe	-nemogućnost zavrtnja vijka do kraja	-loše naoštrena burgija	povremena kontrola	3	5	3	45	propisan vijek trajanja oštrice	tehnologija proizvodnja	ovjera oštrenja alata	2	5	3	30

  

<b>VJEROVATNOĆA NASATAJANJA</b> /greška se može desiti/	<b>ZNAČENJE</b> / posledica na kupca /	<b>VJEROVATNOĆA OTKRIVANJA</b> / prije isporuke kupca /	<b>PRIORITETI</b>	
- nevjerovatno = 1	- jedva primjetljiva posljedica = 1	- visoko = 1	- visoki = 1000	<b>A - nastajanje</b>
- vrlo malo = 2 - 3	- beznačajna greška = 2 - 5	- umjereno = 2 - 5	- srednji = 125	<b>B - značenje</b>
- malo = 4 - 6	( nezatno uznemiren kupac)	- malo = 6 - 8	- nikakav = 1	<b>C - otkrivanje</b>
- umjereno = 7 - 9	- umjereno teška greška = 4 - 6	- vrlo malo = 9		
- visoko = 9 - 10	- teška greška ( ljutnja kupca)= 7 - 8	- nevjerovatno = 10		
	- krajnje ozbiljna greška = 9 - 10			

SLIKA 1(B). FMEA ANALIZA PROCESA MAŠINSKE OBRADJE KOČIONOG DISKA 1J0 615 601 U PREDUZEĆU FAD d.d. JELAH- TEŠANJ.

Sistem / karakteristika	Potencijalna pogreška	Potencijalna posljedica pogreške	Potencijalna uzroci pogreške	SADAŠNJE STANJE				Preporučene mjere za otklanjanje	Odgovornost	STANJE					
				predviđene ispitne mjere	A	B	C			prioritetni broj rizika /ZPZ/	donesene mjere	A	B	C	konačni prioritetni broj rizika /RPZ/
brušenje diska	-povećano bacanje kočione površine	-trošenje diska pri eksploataciji	-oštećen trn za brušenje	povremena kontrola dijela	3	7	3	63	odlaganje trna po propisu	proizvodnje	-kontrola dijela -kontrola trna -uvođenje SPC	2	7	2	28
	-paralelnost kočione površine povećano	-trošenje diska pri eksploataciji	-bacanje alata za brušenje po plohi	povremena kontrola	3	7	3	63	prije početka smjene alat prebrusiti	proizvodnja	-kontrola prvog komada -uvođenje SPC	2	7	2	28
bez pukotina	-komad puknut	-havarija diska u eksploataciji	-raštelovan uređaj	povremena provjera uređaja	3	8	3	72	učestalo štelovanje uređaja	kontrola	štelovanje uređaja svake smjene	3	8	2	48
neuravnoteženost	-povećan balans diska	-trošenje diska pri eksploataciji	-raštelovan uređaj	povremena provjera uređaja	3	5	3	45	učestalo štelovanje uređaja	kontrola	štelovanje uređaja svake smjene	3	5	2	30
lakiranje	-loš izgled laka	-nepostojanost laka	-loša priprema lakirane površine	vizuelna kontrola	3	4	3	36	pripremu peći uvesti u sistem kvaliteta	proizvodnja	kontrola parametara peći	3	4	2	24
<b>VJEROVATNOĆA NASATAJANJA /greška se može desiti/</b>		<b>ZNAČENJE / posledica na kupca /</b>		<b>VJEROVATNOĆA OTKRIVANJA / prije isporuke kupca /</b>		<b>PRIORITETI</b>									
- nevjerovatno = 1 - vrlo malo = 2 - 3 - malo = 4 - 6 - umjereno = 7 - 9 - visoko = 9 - 10		- jedva primjetljiva posljedica = 1 - beznačajna greška = 2 - 5 ( nezatno uznemiren kupac) - umjereno teška greška = 4 - 6 - teška greška ( ljutnja kupca)= 7 - 8 - krajnje ozbiljna greška = 9 - 10		- visoko 1 - umjereno 2 - 5 - malo 6 - 8 - vrlo malo 9 - nevjerovatno 10		- visoki 1000 - srednji 125 - nikakav 1		<b>A - nastajanje B - značenje C - otkrivanje</b>							

SLIKA 1(C). FMEA ANALIZA PROCESA MAŠINSKE OBRADJE KOČIONOG DISKA 1J0 615 601 U PREDUZEĆU FAD d.d. JELAH- TEŠANJ.

<b>FAD</b>		<b>D</b>	<b>Analiza mogućnosti i uticaja grešaka /FMEA/</b> Konstruktivnih FMEA      Procesni FMEA					nov dio novi postupak proiz.							
Naziv dijela: <b>KOČIONI DISK</b>			Model/ sistem proizvodnje		Ime / dobavljač		Potvrda dobavljača		Izrađeno / ime /odjel		Reviziono stanje: 1/22.06.03				
Kodeks dijela: <b>1J0 615 601</b>			pojedinačna proizvodnja		VW		-		kontrola kvaliteta proizvodnja		list / lista 4/4				
Tehničko stanje izmjene: 09.07.2003.											Odobrio: Ismar Alagić				
Sistem / karakteristika	Potencijalna pogreška	Potencijalna posljedica pogreške	Potencijalna uzroci pogreške	SADAŠNJE STANJE				Preporučene mjere za otklanjanje	Odgovornost	donesene mjere	S T A N J E				
				predviđene ispitne mjere	A	B	C				prioritetni broj rizika /RPZ/	A	B	C	konačni prioritetni broj rizika /RPZ/
	-loš izgled laka	-nepostojanje laka	-istekao rok trajanja laka	kontrola pri ulazu laka	3	4	3	36	kontrola datuma isticanja vijeka trajanja laka	magacin	uvođenje kartice vijeka trajanja laka	2	4	2	16
pakovanje	-pakovanje diskova dodir kočionih površina	-oštećenje diska	-sistem slaganja diskova	povremena kontrola	3	4	3	36	izrada posebnog uputstva za sistem slaganja diskova	razvoj	slaganje diskova po preporučenom sistemu	2	4	3	24
<b>VJEROVATNOĆA NASTAJANJA /greška se može desiti/</b>		<b>ZNAČENJE / posledica za kupca /</b>		<b>VJEROVATNOĆA OTKRIVANJA / prije isporuke kupcu /</b>		<b>PRIORITETI</b>									
- nevjerovatno = 1 - vrlo malo = 2 - 3 - malo = 4 - 6 - umjereno = 7 - 9 - visoko = 9 - 10		- jedva primjetljiva posljedica = 1 - beznačajna greška = 2 - 5 ( nezatno uznemiren kupac) - umjereno teška greška = 4 - 6 - teška greška ( ljutnja kupca)= 7 - 8 - krajnje ozbiljna greška = 9 - 10		- visoko 1 - umjereno 2 - 5 - malo 6 - 8 - vrlo malo 9 - nevjerovatno 10		- visoki 1000 - srednji 125 - nikakav 1		<b>A - nastajanje</b> <b>B - značenje</b> <b>C - otkrivanje</b>							

SLIKA 1(D). FMEA ANALIZA PROCESA MAŠINSKE OBRADJE KOČIONOG DISKA 1J0 615 601 U PREDUZEĆU FAD d.d. JELAH-TEŠANJ.

### 3. ZAKLJUČAK

Proizvodni proces mašinske obrade kočionog diska, kao složen sistem sa velikim brojem uticajnih faktora, zahtjeva permanentno praćenje i analizu djelovanja faktora i njihov uticaj na proces, sa svrhom njegovog održavanja u zahtjevanim granicama. Uspjeh aktivnosti na poboljšanju kvaliteta povećava se primjenom odgovarajućih metoda i tehnika.

U ovom radu je data analiza procesa mašinske obrade kočionog diska (proizvoda iz proizvodnog programa FAD) primjenom FMEA metode (Failure Mode and Effects Analysis), koja je pogodna za ovu vrstu procesa. Prezentovana analiza je temeljena na podacima i informacijama dobijenim iz realizovane proizvodne serije kočionog diska 1J0 615 601, veličine 20 000 jedinica. Na slici 1 (1a, 1b, 1c i 1d), dat je prikaz cjelokupni prikaz provedenog istraživanja.

Iz prezentovanog primjera provedene FMEA analize procesa mašinske obrade kočionog diska 1J0 615 601, mogu se izvesti sljedeći osnovni zaključci:

- Prije primjene FMEA metode neophodno je posjedovati informaciju šta predmetna metoda pruža korisniku, odnosno karakteristike metode i postupak primjene, kao i strukturu procesa rada ili elemenata sistema;
- Navedena FMEA analiza je provedena prema zadatom tehnološkom postupku izrade kočionog diska 1J0 615 601, prolazeći kroz sve tehnološke operacije mašinske obrade kočionog diska;
- U svakom koraku su prepoznate potencijalne pogreške sa njihovim uzrocima i posljedicama, uz preporučene mjere za njihovo otklanjanje;
- Efekti provedene analize se ogledaju kroz donesene mjere za otklanjanje uočenih pogrešaka i prepoznate odgovornosti za njihovo sprovođenje;
- Parametri FMEA analize su bodovani prema metodologiji propisanoj u navedenom primjeru;
- Na osnovu analize se zaključuje da je proces stabilan.

### 4. REFERENCE

- [1] Alagić Ismar : "Alati za upravljanje kvalitetom u primjeni", Naučno stručni skup "KVALITET 99", str.149-160, Mašinski fakultet, Zenica, 1999.
- [2] "Fehler-Möglichkeiten-und Einfluß-Analyse (FMEA)", Unter Copyright lizensiert für Ford/ General Motors/ Chrysler, Für weitere Exemplare wenden Sie sich bitte an: Carwin Continuous Ltd. Unit 1 Trade Link, Western Ave, West Thurrock, Grays, Essex, England, Zweite Ausgabe Februar 1995.
- [3] Childs Joseph A., Mosleh Ali: "A modified FMEA tool for use in identifying and addressing common cause failure risk in industry ", A Special Bibliography from the NASA Scientific and Technical Information (STI) Program, pp. 19-24, Maryland University, College Park , USA, 1999.
- [4] Montgomery Thomas A.: "FMEA automation for the complete design process", A Special Bibliography from the NASA Scientific and Technical Information (STI) Program, pp. 30-36, Ford Motor Co., USA, 1996.
- [5] Price Christofer J., Taylor Neil S.: "FMEA for multiple failures", A Special Bibliography from the NASA Scientific and Technical Information (STI) Program, pp. 43-47, Universitz of Wales, UK, 1998.

[6] Onodera Katsushige: "Effective techniques of FMEA at each life-cycle stage", A Special Bibliography from the NASA Scientific and Technical Information (STI) Program, pp. 50-56, Hitachi, Japan, 1997.

[7] Marchant David D.: "Using failure mode and effects in new glaze introduction", A Special Bibliography from the NASA Scientific and Technical Information (STI) Program, pp. 159-164, ISSN 0196-6219, Ceramic Engineering and Science Proceedings, USA, 1995.