

1. Uvod



U savremenim fabričkim pogonima najveću grupu mašina čine rotacione mašine. Tu u prvom redu spadaju: turbine, motori, pumpe, kompresori i ventilatori. Rotacione mašine u radu generišu mehaničke vibracije. Povećane vibracije uzrokuju probleme na mašinama i značajno skraćuju njihov radni vek. Merenjem i analizom vibracija mogu se sprečiti otkazi i produžiti radni vek mašine. U proteklih nekoliko godina, nadzor vibracija i dijagnostika vibracionog stanja mašina sve više dobijaju na značaju. U prethodnim decenijama samo kapitalne mašine bile su predmet merenja i analiza. U novije vreme veoma često su i manje mašine uključene u programe nadzora vibracija. Glavni razlog masovnijeg uvođenja nadzora vibracija leži u činjenici da je oprema za merenje vibracija dostigla takav nivo cena da su uvođenje i primena sistema za nadzor vibracija postali ekonomski opravdani i za manje mašine. Tokom poslednjih godina došlo je do značajnog povećanja interesovanja za vibracione tehnologije.

Dijagnostika vibracija je veoma efikasna metoda za lokalizaciju kvarova i detekciju uzroka oštećenja na mašinama i agregatima. Korišćenjem specijalnih senzora i uređaja za merenje i analizu vibracija, može se doći do pouzdanih informacija o stanju mašina i do ranih upozorenja o mogućim problemima kao što su: neuravnoteženost rotora, nesaosnost vratila, oštećenja ležaja, oštećenja fundamenta itd. Vibracije na mašinama su odgovor kućišta ležaja na dejstvo unutrašnjih sila u mašinama. U knjizi su opisani tipovi, uzroci i učestalost kvarova koji se pojavljuju na mašinama. Opisane su i osnovne strategije održavanja i prikazani faktori koje treba uzeti u obzir prilikom odlučivanja o tome koja će se strategija održavanja primeniti u datoj situaciji.

Približno polovina svih operativnih troškova u većini grana proizvodnje i prerade odlazi na troškove održavanja. To je dovoljan razlog za ozbiljnu analizu i pokretanje aktivnosti koje mogu da smanje navedene troškove.

Praćenje stanja mašina i dijagnostika otkaza je jedna od aktivnosti pomoću kojih se mogu ostvariti značajne uštede. Praćenje stanja mašina i dijagnostika kvarova mogu se definisati kao oblast tehničke aktivnosti u kojoj se posmatraju odabrani fizički parametri, povezani sa radom mašina, u cilju određivanja integriteta mašine i produženja njenog životnog veka.

Krajnji cilj strategije održavanja je planiranje i izvođenje samo onih aktivnosti koje su neophodne u tom trenutku, što rezultira optimalnim korišćenjem resursa mašine i opreme.

Otkaz mašina

Kod većine mašina se zahteva da rade unutar unapred definisanih granica prihvatljivosti. Te granice su tako definisane da obezbede siguran rad opreme i projektovane performanse. Generalno govoreći, to znači da će oprema raditi u određenom opsegu radnih brzina i opterećenja. Povremeno, potrebno je da mašine rade i van tih granica, u kratkom vremenskom periodu (tokom pokretanja, zaustavljanja i planiranih preopterećenja).

Glavni razlog uvođenja nadzora i dijagnostike stanja mašina je generisanje tačnih informacija o trenutnom stanju mašine. Zahvaljujući takvom pristupu, mogu se očekivati visoke performanse i pouzdanost u radu mašina. Na osnovu informacija o stanju mašina, sa velikom pouzdanošću moguće je odgovoriti na sledeća pitanja:

- Koliko je očekivano vreme do pojave otkaza?
- Kada je optimalni trenutak za servis?
- Koje aktivnosti su potrebne prilikom servisa?
- Koliko je očekivano vreme za servis?

Kvar mašina se može definisati kao nesposobnost mašine da izvrši svoju projektovanu funkciju. Svaki kvar na mašinama je uvek specifičan i zavisi od vrste mašine. Na primer, ležajevi na remenici za nošenje transportne trake mogu biti ozbiljno oštećeni ili istrošeni, ali sve dok ležajevi nisu blokirani, smatramo da nisu otkazali. Na drugim mašinama ne mogu se tolerisati ovakva stanja. Na mašinama za obradu metala, mala oštećenja ležaja dovode do pojave vibracija, gubitka performansi i nezadovoljavajućeg kvaliteta obrađene površine.

Postoje i drugi kriterijumi po kojima se može proglasiti da je mašina za zamenu. Ukoliko se iz ekonomskih razloga mašina klasifikuje kao zastarela, moguća je njena planska zamena pre nego što se istroše svi raspoloživi

resursi. Takođe, bezbednosne analize mogu zahtevati zamenu delova ili mašina kako bi se osigurao minimum rizika od nastanka kvara.

Uzroci otkaza

Pored uobičajenog normalnog habanja, postoje i brojni specifični razlozi za pojavu otkaza mašina. Prevremeno otkazivanje mašine može da bude posledica:

- nedostataka nastalih u fazi projektovanja
- pogrešnog izbora materijala
- nepravilne montaže
- nepravilne eksploatacije
- neodgovarajućeg održavanja
- prekomernog preventivnog održavanja.

Nepravilna eksploatacija

Na poslovima korišćenja opreme svakodnevno je uključena velika grupa ljudi. Svi oni značajno utiču na celokupno radno stanje opreme. Operatori predstavljaju jednu takvu grupu. Operatori obično prolaze detaljnu obuku o odgovarajućim operativnim procedurama, rešavanju osnovnih problema i najbolje prakse za bezbednu upotrebu opreme.

Međutim, moguće su takve situacije koje zahtevaju hitnu intervenciju i brzu sanaciju sa raspoloživim osobljem koje ne poseduje nivo ekspertize koji imaju najiskusniji operateri. Jedno od rešenja za prevazilaženje ovih problema je da rukovodstvo obezbedi dovoljan broj obučenih operatera koji će omogućiti određenu fleksibilnost u planiranju osoblja za vanredne situacije i hitne slučajeve. Od ključnog značaja je stvaranje takvih uslova koji će onemogućiti angažovanje operatera za korišćenje opreme za koju nije kvalifikovan. Poštovanje ovog pravila pomoći će u smanjivanju operativnih

grešaka, a u nekim industrijama je to neophodno i zbog zakonskih propisa i regulativa.

Neodgovarajuće održavanje

Većina opreme zahteva redovno održavanje da bi postigla optimalne performanse. Većina kompanija oslanja se na iskustvo održavaoca i na pretpostavku da će radnici prepoznati predstojeće probleme pre nego što oprema doživi otkaz i zaustavljanje. Nažalost, postoje brojni suptilni znakovi gubitka performansi ili rane faze otkaza koje nije lako otkriti i često prolaze neopaženo. Nadzor stanja mašina i opreme u velikoj meri pomaže u kreiranju rasporeda održavanja i postizanja maksimalne efikasnosti mašina. Pravilno održavanje i redovno podešavanje u velikoj meri produžava upotrební vek opreme. Primenom preventivnog održavanja mogu se identifikovati mali problemi sa jeftinim rešenjima pre nego što postanu veliki i skupi.

Korišćenje efikasnih strategija održavanja omogućuje upravljanje zalihama. Osnovni zadatak je obezbeđivanje pouzdanog snabdevanja rezervnim delovima za aktivnosti koje se najčešće izvode. Pri tome, zastoji koji se dešavaju usled rutinskog održavanja i popravki su minimalni. Procenjuje se da se primenom odgovarajućeg održavanja mogu ostvariti sledeći rezultati:

- smanjenje troškova održavanja i energije do 30%
- smanjenje broja kvarova do 40%
- smanjenje zastoja do 70%.

Prekomerno preventivno održavanje

Nedovoljno održavanje veoma često može da uzrokuje kvarove i otkaz mašina. Sa druge strane, i preterano održavanje može da bude uzrok

kvarova i zastoja opreme. Prilikom svakog održavanja mašine, javlja se čitav niz rizika koji tokom vremena mogu da dovedu do kvara mašine. Osnovna ideja preventivnog održavanja je rad prema unapred definisanom rasporedu, zasnovan na vremenu ili upotrebi mašine, bez informacija o stvarnom radnom stanju mašine. Takav pristup veoma često može da uzrokuje čitav niz problema i neželjenih efekata. Podaci dobijeni tokom ovih merenja mogu pomoći kompanijama da identifikuju uzroke povećanog naprezanja mašina. Na osnovu tih informacija, operateri mogu da prilagode radno opterećenje i raspored rada mašine kako bi umanjili opterećenje opreme koja pokazuje rane simptome predstojećeg kvara.

Na osnovu svega iznetog, postavlja se pitanje kako pronaći pravi balans u preventivnom održavanju. Pravi način za to je primena koncepta održavanja prema stanju opreme. Kod takvog koncepta održavanje se izvodi na osnovu procenjenog radnog stanja, umesto prema unapred planiranom rasporedu. Za procenu stanja neophodni su analiza istorije rada mašine, merenje performansi, vibracija... Kontinuirani nadzor mašina podrazumeva stalno merenje radnih parametara mašine, uspostavljanje granica prihvatljivosti i otkrivanje promena koje tokom vremena mogu da dovedu do otkaza i zastoja.

Tipovi otkaza

Svi otkazi mogu se podeliti u dve kategorije – delimični i katastrofalni. Kod katastrofalnih otkaza, dolazi do potpunog gubitka funkcije mašine. Takvi otkazi nastaju iznenada, bez prethodne najave. Sa druge strane, delimični otkazi podrazumevaju pojavu oštećenja kod kojih mašina i dalje obavlja svoju funkciju. Ovi otkazi nastaju postepeno, uz prethodno upozorenje.

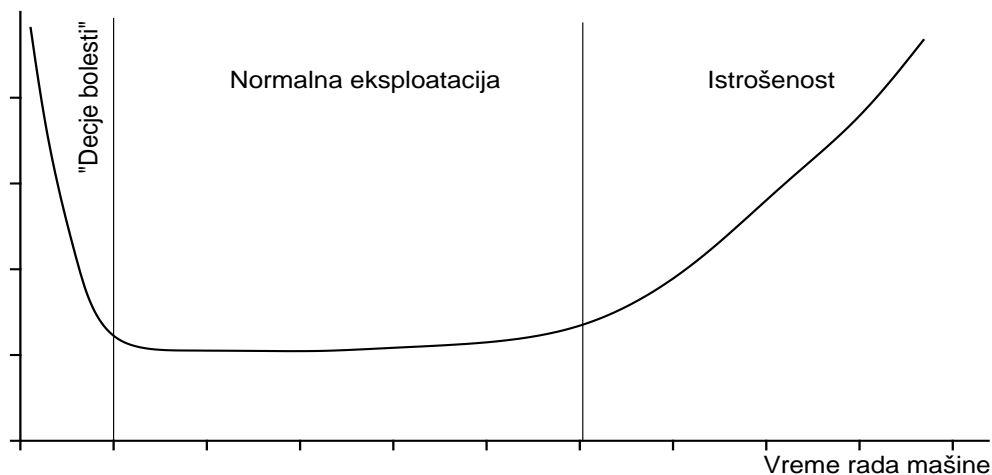
Glavni cilj nadzora stanja mašina i dijagnostike otkaza je detekcija nastanka problema na mašinama, pronalaženje uzroka njegovog nastanka i praćenje trenda tokom vremena. Na osnovu takvih informacija moguća je pouzdana procena preostalog vremena do nastanka potpunog otkaza i sprečavanje katastrofalnih otkaza koji sa sobom nose ozbiljna oštećenja i velike posledice. Na ovaj način nije moguće sprečiti otkaze uzrokovane nepredviđenim i nekontrolisanim spoljnim silama.

Učestalost nastanka otkaza

Statistički podaci koji opisuju učestalost otkaza mogu se sumirati u tzv. „dijagram kade“. Na slici 1.1. prikazana je tipična „kriva kade“, koja je primenljiva kako na pojedinačne mašine, tako i na grupe mašina istog tipa.

Početak korišćenja mašine obično karakteriše relativno visoka stopa otkaza. Ovaj period često se naziva „period dečjih bolesti“. Obično nastaju kao posledica grešaka prilikom projektovanja, grešaka u proizvodnji, sklapanju, instalaciji i puštanju u rad. Nakon pronalaženja i otklanjanja uzroka ovakvih kvarova, učestalost nastanka otkaza se značajno smanjuje.

Nakon toga, mašina prolazi kroz relativno dug period tokom koga je učestalost kvarova jako mala. Kvarovi koji se pojavljuju uglavnom se događaju nasumično. Ovaj period životnog veka mašine naziva se „period normalne eksploatacije“ i obično čini veći deo ukupnog životnog veka mašine.



Slika 1.1 Tipičan dijagram otkaza – „Dijagram kade“

Kako se mašina postepeno približava kraju svog projektovanog veka, učestalost kvarova se ponovo povećava. Ovaj period se naziva „period istrošenosti“. Na kraju radnog veka mašine, stopa otkaza postepeno se povećava. Primarni uzroci kvarova su zamor materijala, habanje pokretnih delova i sklopova, korozija itd. Nagib krive na dijagramu zavisi od tipa mašine.

Brzina porasta učestalosti kvarova u velikoj meri zavisi od dizajna mašine i njene radne istorije. Ako je konstrukcija mašine takva da se radni vek naglo završava, mašina nije projektovana da ispuni očekivano opterećenje ili je u svom životnom ciklusu doživela brojna preopterećenja. Za ovakve mašine, nagib krive se naglo povećava sa vremenom. Ukoliko je mašina predimenzionisana ili je u toku eksploatacije bila izložena lakšim opterećenjima, nagib krive se postepeno povećava tokom vremena.