

» Kontrola tehničke čistoće

Detlef Meurer
Amela Mrak

Tehnička čistoća površina, koje su funkcijski važne, postala je u posljednjih 25 godina iznimno važna. U pozadini su sve veći zahtjevi na pojedine komponente za njihovom vijekom primjene, tehničkim oblikom, dopuštenim tolerancijama i osjetljivosti na nečistoće. Ovaj članak obrađuje ispuštanje zraka (plinova) i ispiranje s velikim protocima, koji posljedično taloži čvrste čestice na funkcionalne površine bez njihove analize.

Osnova za vrednovanje učinkovitosti uklanjanja nečistoća su sljedeći standardi i propisi: TECSA, VDA19-1 (revizija 2015) i ISO 16232.

U osnovi poznajemo dva postupka:

- a) mokro uklanjanje primjenom ubrizgavanja tj. raspršivanja, ultrazvuka, ispiranja i tresenja,
- b) suho uklanjanje primjenom ispuhivanja i protoka.

Ključne riječi: tehnička čistoća, VDA19-1, ISO16232, metode uklanjanja, površinska kontrola čistoće

Pozadina problema

Posljednjih godina je zahtjev za čistoćom komponenata, sklopova i konačnih proizvoda prije svega u optici, preciznoj mehanici, elektromehanici, automobilskoj industriji i drugdje, postajao sve veći. Sve veći zahtjevi za boljim karakteristikama i minijaturizaciji sklopova uzrokovali su povećanu osjetljivost na nečistoće, s kojima dolaze u dodir u procesu proizvodnje, sastavljanja, pakiranja, skladištenja itd.

Čistoća površina postaje jedan od glavnih izvora proizvodnih troškova, a ima i veliki utjecaj na kvalitetu i pouzdanost proizvoda. Radi navedenog, kontrola kvalitete je nužan posao za sve, koji žele biti među vodećima na svom području, i za sve one, koji žele poboljšati svojstva svojih proizvoda, smanjiti količinu otpada i povećati produktivnost te konkurentnost tvrtke.

Očekivanja i zahtjevi proizvođača i kupaca konačnih proizvoda i proizvoda trajno rastu. Gustoće snage su sve veće, a tolerancije sve uže. Kod suvremenih vozila i strojeva najvažniji su trendovi smanjivanja potrošnje energije, troškovna učinkovitost te zaštita okoliša. Pored toga je zahtijevan prijelaz na materijale bez olova, što zahtijeva bolju kvalitetu površine. U prošlosti je dodatak olova sprječavao oštećenja kliznih površina u međusobnom kontaktu, a kod novih materijala bez olova, one se mogu pojaviti vrlo brzo. Dopuštena vrijednost čvrstih čestica se neprekidno smanjuje. Usporedno s time, proizvođač mora svojim kupcima osigurati i sve viši stupanj raspoloživosti. Sve više tvrtki prati i optimira tehničku

čistoću u proizvodnim procesima. Zastoji u proizvodnjama se stoga smanjuju, kvaliteta proizvoda i raspoloživost strojeva je na sve višoj razini, a posljedično se smanjuje i količina otpada. Navedeno smanjuje troškove proizvodnje i troškove uvođenja popravaka u jamstvenom roku te povećava zadovoljstvo kupaca. To dodatno povećava povjerenje kupaca te osvajanje tržišta. Izraz »tehnička čistoća« se odnosi na smanjenje kontaminacije, tako da nečistoće ne ograničavaju ili ometaju funkcije tehničke komponente.

Tehnička čistoća – pravna podloga i metode kontrole

Šteta, koji su uzrokovala čestice, bila je 1990.-tih godina radi nedostatka znanja i iskustva, obilježena kao veliki problem. Stručnjaci iz različitih sektora automobilske industrije zajedno sa stručnjacima Instituta Fraunhofer, koji su se već bavili tehničkom čistoćom, postavili su prvi standard s tog područja. Godine 2001. u tu svrhu je bilo osnovano industrijsko udruženje za tehničku čistoću TECSA. Tvrtka HYDAC igra vodeću ulogu u navedenom udruženju pri razvoju smjernica za ispitivanje čistoće u automobilske industriji. Udruženje TECSA je na tematiku »Tehnička čistoća – kontrola kontaminacije česticama na funkcionalno važnim automobilskim dijelovima« godine 2004. po prvi puta izdala propise VDA vol. 19, dio 1. Godine 2010. izašao je drugi dio tih propisa s naslovom »Tehnička čistoća pri montaži – okolina, logistika, osoblje i montažna oprema«, koji se bavi tehničkom čistoćom kroz čitav procesni lanac. Godine 2007. je bio objavljen međunarodni standard ISO 16232 s naslovom »Cestovna vozila – čistoća hidrauličkih i pneumatskih sklopova«. Riječ je o međunarodnom ekvivalentu propisa VDA vol. 19. Navedeni standardi su u cijelosti kompatibilni i predstavljaju naputke za vrednovanje tehničke čistoće.

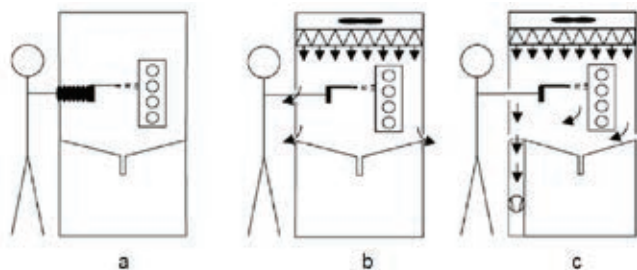
VDA 19-1 (dopune 2015)

Razvoj VDA 19-1 i ISO 16232 se između 2001. i 2003. godine temeljio na propisima TECSA, koji su nastajali pod rukovodstvom Instituta Fraunhofer IPA iz Stuttgarta. Pri dopuni propisa VDA 19-1 (2015) bila su preuzeta sva prethodna pojašnjenja te dodana nova na temelju razvoja i novih spoznaja posljednjih 12 godina. Dopunjeno je bilo Poglavlje 11. Odnosi se na sigurnost na



Detlef Meurer • HYDAC Filter Systems
Amela Mrak, dipl.ing. str. • HYDAC, d. o. o., Maribor

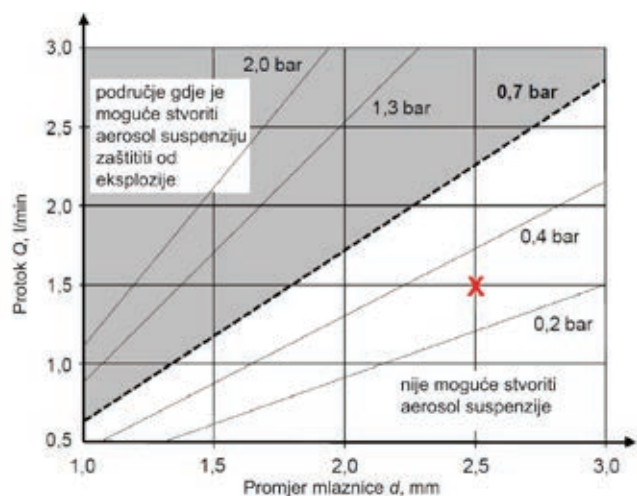
radnom mjestu te na ekologiju. Taj dopunjeni dio je vrlo važan, jer se odnosi na opasne tekućine, koje se mogu primjenjivati kod čišćenja i testiranja. U tom poglavlju je pojašnjena razlika između dva različita tehnička sustava, otvorenog i zatvorenog (slika 1).



» Slika 1: Moguće opasnosti pri uporabi opasnih tekućina za čišćenje, a) potpuno zatvorena komora za čišćenje, b) zatvorena komora za čišćenje s mogućnošću odvoda zraka i ispuštanja sredstva za čišćenje, c) zatvorena komora s odzračivanjem i lovcem tekućine za čišćenje.

Aerosoli – suspenzije, u kojima su čvrste čestice disperzirane u plinu

U postupku ispitivanja predviđeno je stvaranje aerosola. Slika 2 predstavlja informaciju o promjeru mlaznice i potrebnom protoku, a tlak ispred mlaznice u ovisnosti o njenom promjeru (predviđeni oblik mlaznice za ravni mlaz) definira područje, gdje se pojavljuje aerosol.



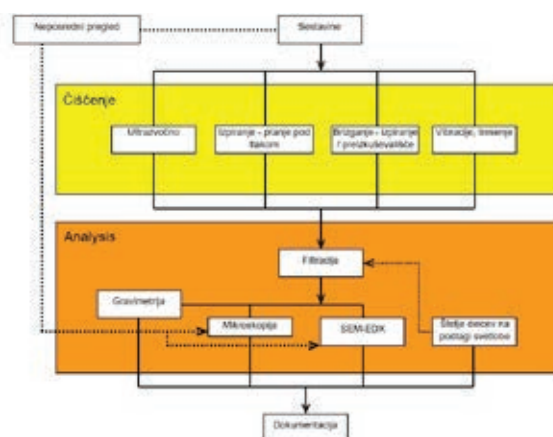
» Slika 2: Stvaranje aerosola u ovisnosti o protoku, tlaku i promjeru mlaznice (VDA 19-1, dopuna 2015)

Metode testiranja

Standardi VDI 19.1 i ISO 16232 propisuju uvjete i dokumentaciju za definiranje stupnja onečišćenja površine pojedinog proizvoda/komponente i čitavog sustava sa čvrstim česticama. Postupak pripreme ispitnog uzorka, metode uklanjanja čestica s vidljivih površina s pomoću tekućine, mjerenje i analiza, vrednovanje rezultata i potrebna dokumentacija prikazani su na slici 3.

Priprema uzorka

Uzorci se uzimaju slučajno u fazi proizvodnje, za koju je potrebna kontrola. Potrebno je osigurati da se tijekom uzimanja uzorka, pohranjivanja i transporta do laboratorija ne unose dodatne nečistoće.



» Slika 3: Različite metode uklanjanja povezane s definiranjem količine preostalih nečistoća na vidljivim površinama proizvoda (VDA 19-1, dopuna 2015)

Odvajanje čvrstih čestica iz uzorka

Odvajanje čvrstih čestica iz uzorka je prvi korak u pripremi za mjerenja. Obzirom na veličinu i oblik čestica možemo primijeniti:

- Ultrazvučnu metodu, za manje proizvode, odljevke i proizvode, kod kojih su mehanički obrađene sve površine.
- Tresenje, za proizvode manjih dimenzija i proizvode s otvorima.
- Ispiranje – pranje pod tlakom, za cjevaste dijelove.
- Ubrizgavanje – ispiranje, za konačne proizvode svih oblika i veličina. Izvodi se s namjenskim ispitnim uređajima.

Za najbolji uspjeh pri uklanjanju čestica s površine, kombiniraju se različite prethodno spomenute metode.

Metrološka analiza čvrstih čestica

Metrološka analiza čvrstih čestica može se izvoditi na različite načine: gravimetrijskom metodom, sa svjetlosnom mikroskopijom, s elektronskom mikroskopijom, s automatskim brojačem čestica i s neposrednim pregledom. Veličina čestica najčešće utječe na izbor metode. Rezultati se prikazuju različito, ovisno o metodi, u g, g/m², g/proizvodu, najveća veličina čestica, veličina čestica u pojedinom razredu, veličina čestica, sastav čestica ... Obično primjenjujemo različite metode, kako bismo dobili potpuni uvid u stvarno stanje čistoće. Samu gravimetriju primjenjujemo tada, kada trebamo podatak o količini (masi) čestica. Obično ta metoda nije dovoljna, jer nam ne daje podatke o broju, veličini i materijalu čvrstih čestica.

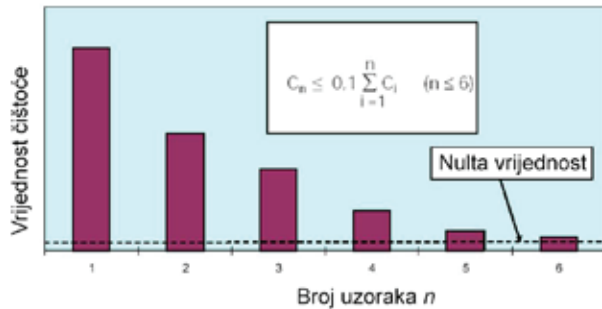
Ukoliko se zahtijeva analiza vrste, oblika i veličine čestica te njihovog broja, primjenjuje se svjetlosna ili elektronska mikroskopija. U slučaju potrebe za brojanjem čestica, radi subjektivnog utjecaja laboranta, moguća je greška. Stoga se primjenjuju automatski brojači čestica. Rezultat analize s automatskim brojačima je broj čestica individualne kategorije veličina prema standardima (ISO, ASTM, ...). Mogućnost greške je zanemariva.

Neposredna kontrola je jedini postupak, pri kojem se niti jedna čestica ne izdvaja. Mi ih ne izdvajamo s površina promatranih proizvoda. Neposredna kontrola je vizualni pregled manjih proizvoda ili njihovih površina sa ciljem određivanja vrste čestica i stanja površine.

Evaluacija rezultata

Bez obzira na primijenjenu metodu, potrebno je odrediti točan protokol mjerenja i »nultu vrijednost« čistoće za svaki proizvod posebno. Učinkovitost metode uklanjanja čestica snažno utječe na točnost rezultata. Nažalost nema točnih pravila o uklanjanju čes-

stica s vidljivih površina te drugih postupaka, kako bi dobili točne rezultate o čistoći. Vrlo važno je odrediti optimalnu kombinaciju vrsta tekućina za ispiranje, temperaturu, metodu mjerenja i vrijeme ispiranja. Kada provjeravamo čistoću proizvoda, postoji mogućnost, da tekućina za ispiranje već prethodno sadrži nečistoće, koje nisu bile primijećene na površini. Ukoliko je sadržaj čestica (nulta vrijednost) velika, to može iskriviti rezultate mjerenja. »Nulta vrijednost« čistoće mora biti niža od 10 % od najveće izmjerene vrijednosti nečistoća na promatranom proizvodu (slika 4).



» Slika 4: Primjer uspješnog mjerenja čistoće (izvor: TESCA)

Dokumentacija

Dokumentacija obuhvaća potpunu specifikaciju čistoće ispitnog uzorka i tijesno je povezana s odgovarajućom kontrolnom specifikacijom. Kontrolna specifikacija kao neovisni dokument opisuje

uvjete i detalje procesa, primijenjenog kod kontrole čistoće. Kontrola čistoće je dokumentirana u obliku kontrolnog izvještaja. To je pregledan dokument, koji sadrži informacije o metodi i parametrima izdvajanja čvrstih čestica s promatrane površine proizvoda, predstavlja metode i parametre analize, razine čistoće površine te sve ostale podatke povezane s kontrolom.

Specifikacija čistoće

Tvrtke u automobilske i poljoprivrednoj industriji te industriji građevinskih strojeva primjenjuju te postupke za određivanje tehničke čistoće. Takozvane specifikacije čistoće se kod njih uzimaju u obzir i lančano prosljeđuju dobavljačima, tako da se može kontrolirati i pratiti čistoća svih primijenjenih dijelova. Te analize se odvijaju pretežito u internim i samostalnim laboratorijima, koji su posebno opremljeni za analizu čistoće proizvoda.

Proizvodnja sastavnih dijelova i sustava u skladu sa specifikacijama čistoće osigurava, da je isporučena kvaliteta sukladna. Prije sastavljanja specifikacije, važno je utvrditi, koje su najosjetljivije komponente u sustavu. Pojedine komponente ili systemska područja je potrebno razdijeliti u kategorije obzirom na osjetljivost na stupanj čistoće.

A = nije vrlo osjetljivo na čestice, niskotlačni sustavi s većim zazorima – tolerancijama,

B = osjetljivo na čestice, niskotlačni sustavi s uskim zazorima – tolerancijama,

C = vrlo osjetljivo na čestice, visokotlačni sustavi s uskim zazorima – tolerancijama, malim odstupanjima, zahtjevni sigurnosni elementi

icm
VODAQUA
ALL ABOUT WATER & RECYCLING



02. - 04. 10. 2018
Ljubljana, Slovenija, GR
www.icm.si

Za svaku od kategorija čistoće, definirana je najveći sadržaj čestica. Određena je čistoća za svaki individualni sustav. Sljedeće točke su obično uključene u specifikaciju čistoće za pojedine komponente.

1. cilj specifikacije čistoće,
2. opseg primjene,
3. opseg ispitivanja i ciklusa testova,
4. postupak uzimanja uzorka,
5. postupak analize čistoće,
6. postupak ocjenjivanja čistoće,
7. točnost mjerenja,
8. primijenjena ispitna tekućina,
9. dokumentacija,
10. ograničenja,
11. postupak za nesukladnost sa specifikacijom.

Postupak uklanjanja sa zrakom

Taj postupak je dio standarda VDA 19-1 od 2015. godine. Postupak mokrog uzorkovanja ne oštećuje proizvode i s time omogućuje nerazorno ispitivanje. No poteškoće se javljaju pri elektronskim komponentama. Mokri postupak nije primjeren za elektronske sklopove. Suhi postupak uklanjanja čestica zrakom (slika 5) primjenjuje se prije svega:

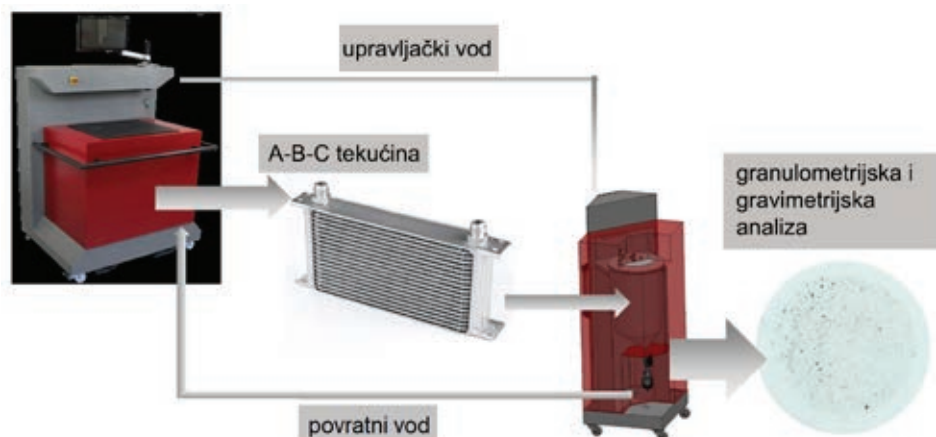
1. za uklanjanje čestica s električnih komponenata bez oštećenja,
2. za brze testove, gdje mokra aplikacija nije poželjna,
3. za plastične komponente, koje bi u slučaju mokrog postupka nabrekle,
4. za sve površine, koje se unište primjenom tekućine, kao što su papir, karton, kompoziti



» Slika 5: Suhi postupak uklanjanja i uzimanja čestica s pomoću zraka; a) korak 1: ispuhivanje čestica s proizvoda, b) korak 2: uklanjanje proizvoda iz komore, c) korak 3: čišćenje – ispiranje komore s tekućinom i uzimanje uzorka čestica

Ispiranje volumena s protokom do 18 l/min

Radi sve većih zahtjeva i širenja područja mobilne hidraulike te kamiona, potrebni su veliki protoci za ispiranje velikih presjeka



» Slika 7: Postupak ispiranja volumena s protokom do 18 l/min s visokim protokom s HYDAC-ovim modulima CTM-3xxx SC i EF



» Slika 6: HYDAC-ovi moduli CTM-3xxx SC i EF

protoka. VDA 19-1 ne određuje parametre, već određuje metodu »krivulje raspadanja«. Metoda je u tehničkom smislu jednostavna. Zahtijevan ispitni protok je određen ispitnom tekućinom za pojedinu komponentu. To je moguće doseći s pomoću pulsiranja toka, ukoliko drugačije ne možemo postići kritičan Reynoldsov broj. Tekućinu se ispusti iz ispitane komponente u posudu za uzorkovanje te zatim filtrira kroz evaluacijski filtar. Zatim se navedeni filtar pošalje na analizu.

Primjer postupka uklanjanja nečistoća s visokim protocima:

Hladnjak testiran s HYDAC CTM-3xxx SC+EF modulom (slika 6). Ispitna tekućina u uređaju CTM-3xxx SC putuje kroz hladnjak, sakuplja se i filtrira u modulu EF, zatim putuje natrag u modul SC (slika 7). Protok tekućine tijekom testa je 18 l/min s podesivim pulsiranjem. Volumen tekućine u SC modulu je 60 l, a volumen u EF modulu je 40 l. Ispitivanje se izvelo uspješno pet puta zaredom, s trajanjem po jednu minutu.

Izvori

- [1] HYDAC Filtrertechnik GmbH: Practical Contamination Management From Processing to Delivery, HYDAC Filtrertechnik GmbH, Sulzbach/Saar, I/2003.
- [2] Amela Krajnc, ing. str., POVRŠINSKA ČISTOST KOMPONENT IN SKLOPOV V AVTOMOBILSKI INDUSTRIJI, Zbornik prispevkov, Inovativna avtomobilska tehnologija – IAT '05, Bled, 21.-22. april 2005
- [3] Frank Jung: HYDAC Service Technology, Filtersystems Sales Meeting 2005, HYDAC Filtrertechnik GmbH, Sulzbach/Saar, II/2005.
- [4] HYDAC Filtrertechnik GmbH: CTU 2000 Series – Operating and Maintenance Instructions, HYDAC Filtrertechnik GmbH, Sulzbach/Saar, I.2004