

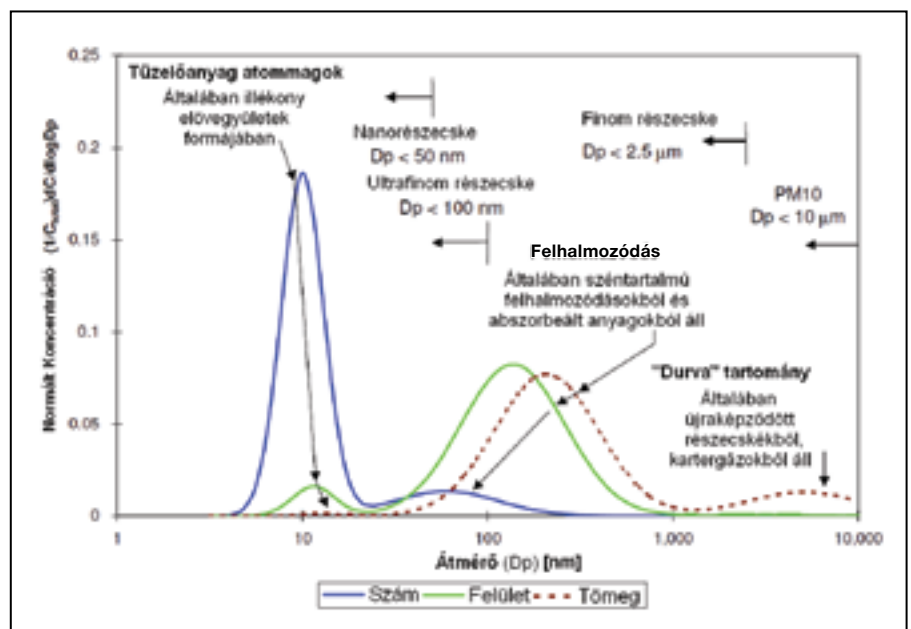
A kipufogógázban található részecskék darabszámának meghatározása

Magyarországon a közlekedésből származó részecskékibocsátás egyes adatok szerint igen, más adatok szerint nem jelentős részét teszi ki a levegőbe kerülő össz mennyiségnek, de számolnunk kell vele és kezelni is szükséges. Ha a közúti közlekedés kapcsán gondolunk rá, akkor a dízel motorokkal felszerelt járművek jutnak először eszünkbe, de a kibocsátáshoz hozzájárul az összes közúti jármű fékbruttyó, fékpofa kopásából származó kibocsátás, valamint a benzinüzemű motorú járművek kipufogógázában is – de jelentősen kisebb mértékben – megtalálható.

A dízel motorral szerelt 3,5 t megengedett össztömeg alatti gépjárművek emisszió szempontjából történő jóváhagyásának követelményei közé az EURO 6 előírások bevezetésével kerülnek a kibocsátott részecskék számának a meghatározása és a hozzá tartozó határértékek. Ezek a 3,5 t megengedett össztömeg feletti gépjárművek motorjainak emisszió szempontjából történő jóváhagyásának követelményei közé szintén az EURO VI előírások életbe lépésével épülnek be. Az előírásokba bekerülő részecskeszám-határértékek a személygépjárművek esetén részecskeszám/km, tehergépjármű-motorok esetén részecskeszám/kWh fajlagos mutatókkal vannak megadva a járművön vagy a motoron elvégzett vizsgálati ciklusra vonatkozóan.

Bevezetés – A részecskék keletkezése és felépítése

A részecske meghatározó alkotórésze a korom. További alkotóelemei a kenőanyagból és a tüzelőanyagból származó szerves részek és a szulfátok (a gázolaj kéntartalmából keletkező összetevők). A részecskék a környezeti levegőben szétosztott (diszpergált) állapotban fordulnak elő, halmazállapotukat tekintve szilárd vagy folyékony jellegűek. A levegőből és a benne szétszóródott állapotban lévő részecskékből alkotott együttest aeroszolnak nevezzük. A dízel motorban a koromképződés fő oka a gyulladási késedelem, valamint az oxidációs reakciók befagyása, amely folyamatok valamilyen tranzienst üzemállapotban (gyorsítás, hidegindítás) fordulnak elő olyan mértékben, hogy az jelentősen befolyásolja a kibocsátást.



1. ábra: a PMP-program (Particle Measurement Programme)

A gázolaj égése során a porlasztáskor létrejövő cseppképződés, a porlasztás minősége rendkívül nagy szerepet játszik a koromképződés tekintetében, mivel a koromképződés a cseppek méretének növekedésével nő. A koromképződés első fázisában történik a részecskék kialakulása a tüzelőanyag-molekulákból, azok átmeneti oxidációja és pirólízise során. Nagy számban keletkeznek, de tömegarányuk alacsony. A második fázisban megy végbe a részecskék növekedése, mégpedig a felületnövekedés útján. A felületi növekedés során a részecskék felületéhez különböző vegyületek kötődnek, és beépülnek molekulaszervezetbe. A felületnövekedés nem változtatja meg a ré-

szecskék számát, de növeli a részecske tömegét. Az halmozódás jelensége – amely az előző folyamatokat követi – jelenti a széntartalmú részek és abszorbeált anyagok részecskeláncolatokká történő kialakulását.

Az 1. ábra mutatja egy jellemzően dízel motor részecskékibocsátása során keletkező részecskejellemzők eloszlását, amelyben a részecskeszám, a részecske külső felületének felszíne és a részecske tömege van megadva paraméterként. (Forrás: TSI)

A részecskék mérettartományai

A részecske (PM, Particulate Matter) méret általános tartománya 0,01–100 m közé te-

hető. A mérete alapján a PM-et lehet osztályozni, a következők szerint: összes lebegő részecske (Total Suspended Particle, TSP), PM10, PM2,5 (finom részecske), PM1,0 (finom részecske) a részecske aerodinamikai átmérő (D_p) figyelembevételével, amely - az előző jelöléseket definiálандó - kisebb, mint 100, 10, 2,5 és 1,0 μ m. A teljesség kedvéért ide soroljuk még a PM100n-t ($D_p < 100$ nm, ultrafinom részecske) és a PM50n-t ($D_p < 50$ nm, nanorészecske).

A nanorészecske

Mik azok a nanorészecskék, kell nekünk törődni a nanorészecskével, nanoaeroszolokkal?

Ugyan az előzőekben megadtunk határértékeket, de máig nincs általánosan elfogadott definíciója a nanorészecskének felső méretének „határáról”, ez néha 100 nm, néha 50 nm, vagy éppen kisebb is használatos. A természet által előállított (természetben előforduló) részecskék (pl. fehérjék) egy jellemző 1 nm - 25 nm-ig terjedő mérettel rendelkeznek, amelyeket mint nanorészecskék kell számításba venni. A nanorészecskék méretének jellemzésére többnyire a külső a felületéhez rendelhető átmérőt használják. Egy külső felület két nanométeres átmérővel kb. 300 atomot tartalmaz. A nanorészecskék mindenütt jelen vannak a környezeti levegőben (környezeti nanorészecskék), részei az atmoszférikus folyamatoknak, és rendelkeznek közvetlen egészségi hatásokkal is. A növekvő kényszer kifejleszteni nanoméretű anyagokat előnyös fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságokkal (termelt nanorészecskék), magával hozza azt a szükségletet, hogy jellemezni, azonosítani és

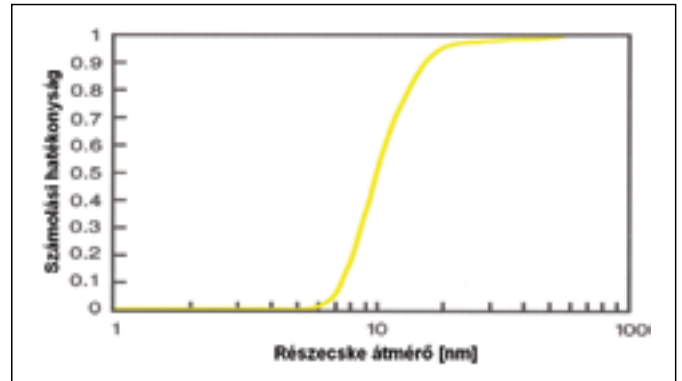
szabályozni (egészségügyi kockázat) kell a nanorészecskéket.

Melyik fizikai paraméter a legfontosabb, és melyik alkalmazás szempontjából? A tömeg, a felület, a szám, a tényleges méret, a sűrűség? A hagyományos részecske egészségügyi hatása a dózis függvénye, ezért a konvencionális részecskemérés a valóságos méret és a koncentráció mérésére korlátozódik. A nanoaeroszlok egészségügyi hatása a tömeg, a tényleges méret, a sűrűségnek, a felület nagyságának stb. a függvénye, ezért ezeket mind meg kell tudni mérni.

A részecskeszám és a PMP-program

A részecsketömeget legnagyobb részben a szilárd részecskealkotók határozzák meg, a részecskeszámot viszont azok a szilárd halmazállapotú részecskék, amelyek tömege az előzőekhez képest nem befolyásoló tényező, de számuk igen, továbbá egyéb folyadék fázisban lévő alkotók (nanométer méretű részecskék) a fő meghatározói a részecskeszám-növekedésnek (1. ábra).

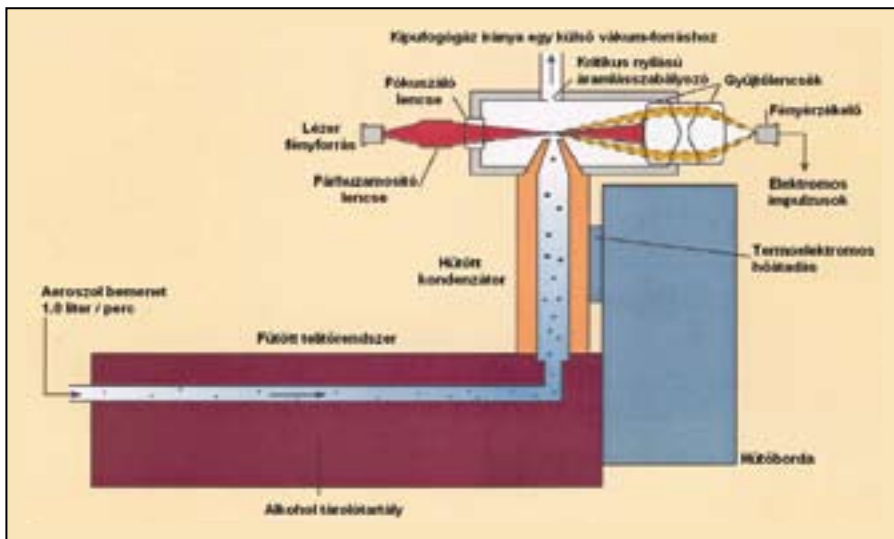
A részecskeszűrők részecskeszám-csökkentő hatását nem lehet egyértelműen meghatározni, mert a részecskék száma növekedhet is, és csökkenhet is a szűrő beépítésével.



3. ábra

Nóhet a részecskeszám, ha a folyadék halmazállapotú részecskék - a szulfátok és a szerves részek - a szűrő után képződnek, mert a részecskeszűrő eltávolítja azokat az alkotókat a kipufogógázból, amelyek más-különbözően képesek lennének megakadályozni számnövekedés folyamatát a szűrő után. Ez azt jelenti, hogy a részecskeszűrő beépítése miatt gyakran nő a képződött folyadék-nanorészecskék száma. Ennek oka nem maga a szűrő, hanem a regenerálásához szükséges nagy hőmérséklet, amely kedvez a szulfátok képződésének. Természetesen ehhez kell a szulfátok képződésének alapja, a tüzelőanyagban - ugyan ma már igen kis mennyiségben - megtalálható kén. Ennek alapján megfogalmazható, hogy kisebb tüzelőanyag-kéntartalom és kisebb kipufogógáz-hőmérsékletek esetén csökken a kibocsátott nanorészecskék száma. De nemcsak a szulfátokból állnak a nanoméretű részecskék, hanem a különböző szénhidrogénekből is, amelyek szintén hozzájárulnak a nagy részecskeszám kialakulásához. Felszerelt szűrő esetén is szénhidrogénmennyiség-csökkenés figyelhető meg, mivel a szűrőben felhalmozott korommennyiség „elnyeli” a szénhidrogéneket, és így csökkentő hatással van a részecskék számának tekintetében.

Az ENSZ-EGB járműszabályozásokkal foglalkozó testületének, amely az Európában egységes jármű-típusvizsgálati eljárások kidolgozásával foglalkozik, a GRPE csoportján (a járművek energiateljesítményével és légszennyezésével foglalkozó csoport) belül a PMP informális csoportot 2001 májusában hozták létre azzal a céllal, hogy fejlesszenek ki egy új mérőrendszert az ultrafinom részecskék méréséhez, amely helyettesíteni vagy kiegészíteni tudná a már meglévő gramimetikus elven működő PM méréseket, amelyet a személygépjárművek vagy tehergépjármű-motorok emisszió szempontjából történő típusjóváhagyásához használnak.



2. ábra: a részecskeszámolás a következő folyamat szerint megy végbe

Az ultrafinom részecskék mérési szükségességének indoka azok egészségre gyakorolt hatása, miután széles körben felismerték, hogy a dízel kipufogógáz a fő forrása az ultrafinom részecskéknél. Ehhez hozzátartozik az a fontos tény, hogy Európában több mint 50%-a az új személygépjárműveknek dízelmotorral hajtott.

A részecskeszám meghatározása

A részecskemérési programban (PMP) a részecskeszámláló rendszer jellemzői a következők:

- csak egyetlen részecskeszámlálási technika használható,
- a megkövetelt számolási pontossága 10%,
- a leolvashatóság (felbontás) 0,1 részecske/cm³,
- lineáris „válasszal” rendelkezik a részecskékonzentrációra, 0-tól a maximum meghatározott koncentrációig, feltétel, hogy R2 0,95 legyen,
- válaszidő (reakcióidő) kisebb, mint 5 s,
- nem foglal magába automatizált adatbeavatkozási funkciókat, véletlen korrekciókat, k-faktort (nem fotometrikus mód).

Ezeknek a PMP-követelményeknek ma csak a kondenzációs elven működő részecskeszámláló felel meg.

A kondenzációs elven működő részecskeszámláló (Condensation Particle Counter)

A kondenzációs elven működő részecskeszámláló működésének rövid leírását a TSI 3010 jelű készülékének működése alapján adjuk meg. A készülék a folyamatos áramlású CPC-k közé tartozik. A modern CPC-be rendezések folyamatos aeroszoláramlással működnek, és képesek a részecskék egyenkénti megszámlálására. A műszer azoknak a részecskéknél a számkoncentrációját határozza meg, amelyek 0,01 µm (10 nm) átmérőjűek vagy annál nagyobbak. A készülék számolást megvalósító részének felépítését a 2. ábrán lehet látni.

A részecskeszámolás a következő folyamat szerint megy végbe:

Az aeroszoláramlást egy fűtött telítős rendszerben butanollal telítik. Ezután

A TSI 3010 műszer legfontosabb adatai a táblázatban vannak összefoglalva

	CPC 3010
Gyártó	TSI
Mérési általános jellemző	Folyamatos számolás, egyenkénti részecskeszámláló
Minimális részecskenyagyság [nm]	
50% számolási hatékonyság	10
90% számolási hatékonyság	-
Maximális részecskenyagyság [nm]	>3000
Átömlési sebesség a mérőkamrában [l/min]	1,0 ± 0,015
Koncentráció [részecske/cm ³]	
Egyenkénti részecskeszámolás real-time	0,01-től 104
Fotometrikus mód	-
Pontosság [%]	± 10 % 104 részecske/cm ³ -ig
Megszólalási idő [s]	< 5
Fényforrás	50 mW, 780 nm lézer
Hőmérséklet-különbség	17 °C
Környezeti hőmérséklet	1030 °C

ezt a részt elhagyva a butanol-aeroszol keverék hőmérsékletét 17 °C-kal csökkentik a CPC kondenzátorában. A hűtött kondenzátorban a butanol túltelítetté válik, és lecsapódik a részecskékre. A részecskék így cseppekké „nőnek”, amelyek már több µm átmérőjűek. A részecskéket így - tehát az alkohol párárszecskékre történő lecsapódása által - lehet észlelhetővé tenni. Ezeket a részecskéket, cseppek formájában könnyen számolni lehet, egy egyszerű optikai részecskedetektor segítségével. A cseppáramlást egy fűvókába fókuszálják, és bevezetik egy számlálóoptikába. A cseppek áthaladnak egy lézersugáron, és minden egyes részecske generál egy fényimpulzust. A keletkező impulzust akkor értékelik (részecskedarabnak), ha az amplitúdója egy bizonyos küszöbérték felett van. A részecskékonzentrációt az aeroszol áramlási sebessége ismeretében lehet számítani. A hűtőborda, amely a CPC teljes hátsó panelét képezi, feladata, hogy a keletkező hőmennyiséget természetes konvekció formájában leadja.

A műszer fontosabb jellemzőit tartalmazó táblázatot kiegészítendő a 3. ábra mutat egy a műszerre jellemző függvényt. A részecskeátmérő függvényében van ábrázolva a készülék számolási hatékonyságának változása. Az ábráról leolvasható, ami a táblázatban is fel van tüntetve, hogy 10 nm-es részecskeátmérőhöz tartozik 50%-os számolási hatékonyság. Közvetlenül ez felett kis részecskeméret-változásra jelentős hatékonyságváltozás a jellemző (logaritmikuskála). 20 nm átmérő esetén már majdnem eléri a 100%-os értéket, és kb. 6 nm az, ahol 0% hatékonysággal képes számolni.

SZABADOS GYÖRGY

Forrás:

- „Lösungen, auf die Sie zählen können” TSI Seminar 2009, Wien, 6. Mai 2009, amelyen a KTI, JKE Tagozat munkatársai vettek részt
- Model 3010 Condensation Particle Counter, Instruction Manual, August 2002, TSI
- www.unece.org
- www.empa.ch
- www.tsi.com

www.autoszerszam.hu

...minden, amire a szakmának szüksége lehet.