

Részecskecsökkentés

A közvetlen befecskendezésű Otto-motorok új kihívásai

A részecskekibocsátás csökkentését illetően a kipufogógáz-előírások szigorodása – amelyek a közvetlen befecskendezésű Otto-motorokat is érintik – a részecsketömeg-határérték után a részecskeszám határértékének bevezetésével lép hatályba, és mindkettőnek való megfelelés szükséges lesz. Ennek megfelelően a részecskeszám-csökkentés növekvő szerepet kap, és ezért egyre több a részecskekibocsátást befolyásoló tényező vizsgálata, és olyan konstrukciós intézkedések megteremtése, amelyek a kibocsátásra jótékony hatással vannak. A következőkben néhány a részecskekibocsátást befolyásoló tényezőt mutatunk be.

A levegőminőség javítása érdekében – különösen belvárosi területeken – a dízelmotorok vonatkozásában a részecskekibocsátás már régóta az emissziós előírásokban limitálva van. Egy fontos mérföldkő volt a részecskeszűrő bevezetése, aminek köszönhetően a dízelmotorok által kibocsátott részecskeszámot és tömeget jelentősen redukálni lehetett. Aktuális Otto-motoros járművekre vonatkozó kipufogógáz-előírások már tartalmaznak megszorításokat a részecsketömegre vonatkozóan, de ez csak a közvetlen benzinbefecskendezésű Otto-motorokra terjed ki. A jövőbeni előírások szigorú kritériumokat tartalmaznak a kibocsátott részecskék darabszámára is.

Részecskeképződés

A részecskeképződés mechanizmusa nagyrészt ismert. A jövőben kevesebb figyelmet kell fordítani a részecskeképződés kémiai alapelveire, sokkal inkább azokra a folyamatokra, amelyek a részecskeképződést befolyásolják. Részecskék elméletileg a tökéletlen égés miatt keletkeznek, amely jelenti a folyékony és előkészítetlen tüzelőanyag lángfrontba fecskendezését, a lokálisan kedvezőtlen keverékképzési feltételek és a lokálisan oxigénhiányos égési feltételeket, továbbá a hir-

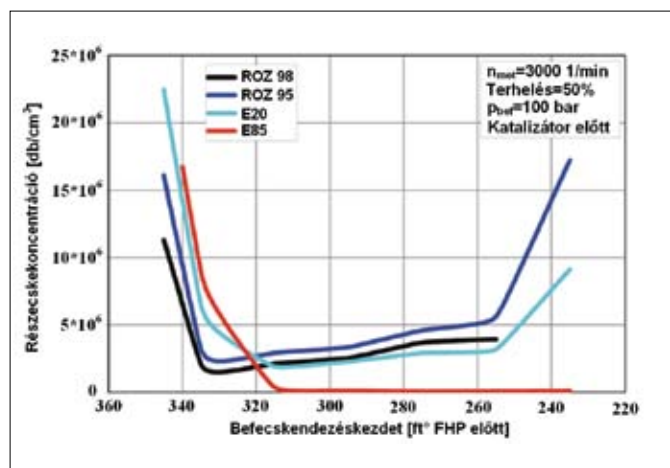
telen nyomás- vagy hőmérséklet-csökkenést az égéstérben. Ezek közül is különösen a hideg égéstérfalak tüzelőanyaggal való benedvesítése eredményez intenzív részecskeképződést. Az optimális égéstér és befecskendezési geometria kialakítása mellett, a szelepvezérléssel beállított paraméterekkel (adott esetben a szeleplökét-változtatással), valamint a befecskendezési időparaméterek megválasztásával lehet a falra történő lecsapódást elkerülni, a tüzelőanyag-párolgást és a tüzelőanyag-elosztást a lehetőségek szerint a legnagyobb mértékben megvalósítani.

A vizsgálati berendezés

Az részecskecsökkentés céljából elvégzett vizsgálatokat hajtották végre egy 4 hengerű közvetlen befecskendezésű, feltöltött Otto-motoron IAV-nál (Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr) Németországban. A vizsgálatok során az égéstér kialakítása, a befecskendezőporlasztók, a porlasztók helyzete és további rendszer elemek a vizsgálatok során változatlanok maradtak. A motorokat egy klimatizált környezetben dinamikus terhelést adó motorfékpadon üzemeltették, amely állás fel van szerelve kipufogógáz-elemző és részecskemérési technikával. Minden vizsgálatnál lehetséges volt az ECU-paraméterekbe való beavatkozás, ami által a tüzelőanyag-nyomást, a tüzelőanyag befecskendezésének időparamétereit – amelyek a részecskekibocsátás-optimalizálás szempontjából mértékadóak voltak – változtatták. A vizsgálatok célja a részecskekibocsátás csökkentésére irányult olyan formában, hogy annak bármilyen befolyása legyen a tüzelőanyag-fogyasztásra, a klasszikus emissziós tényezőkre, a futásegyenletességre és a menetdinamikára.

A tüzelőanyag befolyása a részecskeszámra

A különböző tüzelőanyag-minőségek nagymértékű befolyással vannak a közvetlen befecskendezésű Otto-motorok részecskekibocsátására. A tüzelőanyag kémiai összetételét figyelembe véve, az etanol mint tüzelőanyag-alkotó jelentős befolyással bír a csökkentésre. A nagyobb etanolrészarány jelentősen nagyobb számú hidroxilgyök (OH) képződéshez vezet, amelynek következménye



1. ábra

megnövelt részecskeoxidáció, és végül a kisebb részecskeemisszió. A vizsgálatokhoz kereskedelmi minőségű tüzelőanyagokat használtak, kivéve az E20-as keveréket, mert azt speciálisan ezekhez a mérésekhez állították elő. Minden vizsgált tüzelőanyagféléseghhez az optimális részecskeemisszió elérése céljából - szemben az alap-tüzelőanyaggal (ROZ 98) - megváltoztatott befecskendezési időparaméterek (kezdet, tartam) állítottak be. E85 esetén a maximálisan 30%-kal nagyobb befecskendezett tüzelőanyag-mennyiség ellenére is, az E85 jelentős előnyeit lehet felismerni (1. ábra). A következőben bemutatásra kerülő vizsgálatok során minden esetben a motorhoz tartozó tüzelőanyagot (ROZ 98) használták.

A tüzelőanyag nyomása

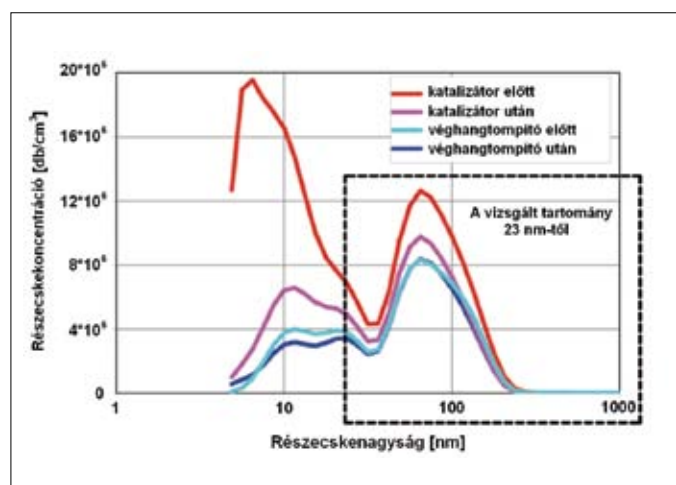
Éppen a DI motorok esetében szükséges a minél jobb hatásfokú égéshez a lehetőségek szerint legjobban kialakított tüzelőanyag-levegő keverék. A motorkomponensek vagy geometriai jellemzők változtatásának lehetősége nélkül a tüzelőanyag nyomásának növelésével és az ezekhez a növelt nyomásértékekhez tartozó optimális befecskendezési időpont kialakításával hatásos (20%-50%) részecskekibocsátás-csökkentést lehet elérni.

A befecskendezés időzítése és felosztása többszörös befecskendezésre

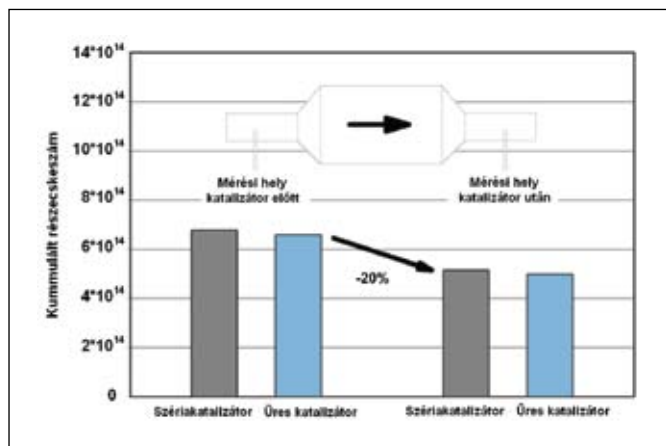
A befecskendezéskezdet időpontját úgy optimalizálják, hogy a dugattyútető vagy az égéstérfal tüzelőanyag általi benedvesítését (tüzelőanyag-lecsapódást) minimalizálják. A befecskendezendő tüzelőanyag egyszeri befecskendezésének több részre (2 vagy 3) történő felosztásával jelentősen csökkenteni lehet a részecskeszámot. Mindezek mellett a befecskendezésidőzítés, a töltetmozgás és az égéstér-geometria kölcsönhatásának köszönhetően, éppen hideg motornál jelentős részecskecsökkentés realizálható.

A kipufogógáz-berendezés hatásai

A mintavétel helyétől függően azonos részecske nyers emisszió esetén különböző eredmények adódtak, mind a részecskekoncentrációban, mind a módozatoszlásban (2. ábra). Különösen



2. ábra



3. ábra

a motorközeli katalizátor bír jelentős hatással az abszorbeált szénhidrogének (Accumulation mode) nagymértékű csökkentésére. A motorközeli tartományban lévő idő- és hőmérséklet-feltételek elegendőek ahhoz, hogy a kipufogógázban a részecskék oxidációja végbemenjen. A kipufogóberendezés további részeiben a részecskecsökkentés kisebb mértékben megy végbe. A véghangtompítónál a PMP-ben (Particle Measurement Programme) értékelt nagyságtartományban jelen lévő részecskék esetében (23 nm-2500 nm) már nincs mérhető csökkentő hatás. További vizsgálatok keretében a katalizátorok és monolit nélküli üres katalizátorházak összehasonlító méréseit végezték el. A különbségmérések eredményei a katalizátor előtti és utáni mérőhelyekkel, mind a katalizátor, mind pedig az üres ház esetében 20%-os közepes részecskecsökkenési értékeket mutattak (3. ábra). Ennek következtében a vizsgált katalizátornak nincs felismerhető hatása a részecskecsökkenésre vonatkozóan. Ezt igazolja az a tapasztalat is, hogy az öregített katalizátoroknak az új katalizátorokkal szemben nincs említésre méltó befolyásuk a részecskekibocsátásra.

Összefoglalás

A különböző összetételű tüzelőanyagok különböző mértékű befolyással vannak a részecskeképződésre. A benzinhez képest az összetétel tekintetében nagyobb oxigén részarányú etanol égésvajító hatása miatt kisebb részecskekibocsátást eredményez. A tüzelőanyag befecskendezési nyomásának növelése a részecskeszám jelentős csökkenéséhez vezet. A befecskendezendő mennyiség felosztása több részre jobb keverék-előkészítéshez, jobb hatásfokú égéshez vezet, ami szintén részecskeszám-csökkentés okoz. A legnagyobb mértékű csökkenés akkor következik be, amikor az egyszeri befecskendezési forma, kétszeri befecskendezésre osztozik.

A leírt vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy a közvetlen befecskendezésű Otto-motorok esetében a részecskekibocsátás csökkentésére olyan intézkedéseket tesznek, amelyek elegendőek ahhoz, hogy egyelőre nem várható a részecskeszűrő felszerelése, amelyhez kapcsolódó esetleges problémákkal a jármű üzemeltetői/karbantartói oldalon meg kellene küzdenie.

SZABADOS GYÖRGY

Forrás:

Partikelreduktion - Neue Herausforderungen für Ottomotoren mit Direkteinspritzung MTZ 11/2010