

## Kas tie azoto oksidai



Azoto oksidai ( $\text{NO}_x$ ) yra vieni iš keturių teršalų, kuriuos gamina vidaus degimo varikliai. Kiti teršalai – tai anglies monoksidas ( $\text{CO}$ ), angliavandeniliai ( $\text{HC}$ ), ir sieros dvideginis ( $\text{SO}_2$ ). Kaip ir kitų trijų dujų, pernelyg dideli  $\text{NO}_x$  kiekiai yra šalutinis variklių, veikiančių blogesnėmis nei optimalios sąlygomis, produktas. Teoriškai, tobulai veikiantis variklis turėtų sukurti tik tokius nekenksmingus produktus -- anglies dvideginį ( $\text{CO}_2$ ), vandens garus ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ir šilumą. Tačiau net geriausiomis aplinkybėmis, net naujausi varikliai veikia ne idealiomis sąlygomis. Šios sąlygos nuolat blogėja susidėvint variklio komponentams, ir vis dar nėra variklio valdymo kompiuterio, kuris galėtų iškart ir visiškai reaguoti į temperatūros bei atmosferinio slėgio pokyčius.

### Kas yra $\text{NO}_x$ ?

$\text{NO}_x$  yra bekvapės, bespalvės dujos, natūralus degimo šalutinis produktas. Jei suvoksite jo susidarymo sąlygas, galėsite geriau panaudoti sudėtingus įrankius, pavyzdžiui, dujų analizatorių, kad aptiktumėte mechanines arba elektrines pernelyg didelių  $\text{NO}_x$  reikšmių atsiradimo priežastis.

Azoto oksidai natūraliai egzistuoja visur. Maždaug 77 – 78 procentuose mūsų įkvepiamo oro yra divalentis azotas ( $\text{N}_2$ ). Tai stabilios inertinės dujos, o tai reiškia, jog pakeisti jo sudėtį arba sudaryti iš jo kitas dujas yra nelengva. Taip yra, kol dujos pasiekia 2300 Farenheito laipsnių temperatūrą, o tai atitinka tipinės degimo kameros darbo temperatūrų diapazoną. Esant 2300 laipsnių, azotas tampa oksidatoriumi, o tai reiškia, jog dabar jis turi natūralų polinkį jungtis su deguonies atomais. Kiti 21% mūsų (ir mūsų variklių) įkvepiamo oro yra divalentis deguonis ( $\text{O}_2$ ).  $\text{NO}_x$  yra vienas atomas azoto ir nežinomas (arba "x") skaičius deguonies atomų.

### $\text{NO}_x$ susidarymas

Atsidarius įsiurbimo vožtuvui, mažo slėgio sritis, susidariusi cilindre, greitai prisipildo atmosferinio slėgio, 14,7 psi, oro. Šis suslėgtas oras jungiasi su kuro angliavandeniliais ( $\text{HC}$ ) ir sudaro pagrindą degimui, nustumiančiam stūmuoklį ir sukuriančiam variklio galią. Suspaudimo metu, kai stūmuoklis pradeda kilti, oro ir kuro molekulės dėl tarpusavio trinties įkaista. Absorbuodamos šilumą, molekulės plečiasi. Toliau kylant stūmokliui, slėgis cilindre toliau didėja, todėl trintis tarp molekulių dar labiau išauga, dėl to dar labiau didėja temperatūra, o molekulės dar labiau plečiasi.

Absorbuodamos šilumą, angliavandenilių molekulės skyla į vandenilį ir anglį; o deguonies molekulės ( $\text{O}_2$ ) skyla į du atskirus deguonies atomus. Dėl uždegimo kibirkšties vienas deguonies atomas oksiduoja (susijungia su jais) du vandenilio atomus ir sukuria vandenį, o du deguonies atomai su vienu anglies atomu sudaro anglies dvideginį. Didėjant oksidacijai, naujai susidaręs vanduo ir anglies dvideginis sukuria papildomą slėgį, kurį variklis

paverčia į naudingą galią, kurios pagalba sukamas alkūninis velenas varo automobilį. Kol degimo kameros temperatūra išlieka žemiau 2300 Farenheito laipsnių, azoto molekulės išlieka inertinės, o tai reiškia, jog jos neskyla į atskirus azoto atomus ir nesijungia su kitomis dujomis. Tačiau, pasiekus 2300 laipsnių, su iš esmės geromis dujomis vyksta blogi dalykai. Azoto molekulės skyla ir jungiasi su deguonimi, sudarydamos NO<sub>x</sub> junginius.

Akivaizdu, kad geriausias sprendimas būtų išlaikyti temperatūrą cilindre žemiau 2300 Farenheito laipsnių, ir šioje srityje yra pasiekta tam tikrų rezultatų. Tačiau cilindro degimo kameroje yra daug "kišenių", kuriose temperatūra bus žymiai aukštesnė nei likusioje cilindro dalyje. Taip gali atsitikti bet kurioje srityje, neapsuptoje tiesiogiai aušinimo marškinių.

Kad būtų išvengta temperatūrų, sukeliančių NO<sub>x</sub> susidarymą, variklių gamintojai įrengė EGR (išmetamųjų dujų recirkuliacijos) vožtuvą ir praėjimą, kuriuo išmetamosios dujos paduodamos degimo kamerei atvėsinti. Ilgainiui jie sumažino ir suspaudimo laipsnį, kad sumažėtų molekulių tarpusavio trintis, taigi sumažėtų degimo temperatūra. Dėl riebaus kuro mišinio taip pat susidaro papildomi angliavandeniliai, absorbuojantys šilumą, o degimo paankstinimo sumažinimas yra dar viena degimo kameros temperatūros mažinimo strategijos dalis. Srauto kelyje įrengiamas katalizatorius su rodžio elementais, konvertuojančiais NO<sub>x</sub> į azotą ir anglies dvideginį.

## 5 dujų analizatoriaus panaudojimas NO<sub>x</sub> susidarymo priežastims nustatyti

NO<sub>x</sub> gali susidaryti dėl daugelio elementų gedimų ir sistemos sutrikimų -- to priežastis gali būti kiekvienas veiksnys, dėl kurio degimo kameros temperatūra pakyla virš 2300 Farenheito laipsnių. Pavyzdžiui, jei aušinimo sistemoje naudojamas grynas vanduo, jis sugeria degimo metu susidarantią šilumą ir staiga užverda, todėl aplink degimo kamerą susidaro oro kišenės. Dėl oro kišenių kameroje susidaro karštieji taškai, todėl degimo kameros temperatūra padidėja. Taip pat blogai yra naudoti 100% neužšalancio skysčio koncentratą, kuris sudaro aplink degimo kamerą apdangalą, todėl degimo kameros temperatūra taip pat padidėja. Rūdys, atsiradę aplink aušinimo marškinius, sudaro tokį pat šilumos apdangalą apie degimo kamerą. Blogas oro srautas pro radiatorių dėl susikaupusių nešvarumų arba užstrigęs dalinai uždarytas termostatas, taip pat ir sumažėjusi aušinimo skysčio apytaka dėl neefektyviai veikiančios pompos neleidžia iš aušinimo sistemos pašalinti šilumą. Toks temperatūros padidėjimas sukelia priešlaikinį uždegimą, todėl deguonis pernelyg anksti oksiduoja vandenilį ir sumažėja oro bei kuro kiekis kibirkšties atsiradimo momentu. Dėl to deguonis negali visiškai oksiduoti vandenilį, ir anglies dvideginio susidarymas jungiantis angliai ir deguoniui, sumažėja. Tokiu atveju dujų matuoklis rodys didelę HC, žemą CO, žemą O<sub>2</sub>, žemą CO<sub>2</sub> ir didelę NO<sub>x</sub> koncentraciją.

Kai stūmoklis kyla suspaudimo takto metu, dėl stūmoklį keliančios suspaudimo jėgos ir jai besipriešinančios mišinio priešlaikinio uždegimo jėgos, stūmoklis patiria smūgius, todėl daužosi į cilindro sienes, sukeldamas detonacijos metu girdimą garsą. Kai tai atsitinka, skeneris turėtų aptikti pernelyg didelę aušinimo skysčio temperatūrą. Dėl variklio detonacijos skenerio ekrane turėtumėte matyti, jog detonacijos parametro reikšmė yra "yes" (taip), kartu su komanda vėlinti uždegimo momentą. Kibirkšties linijos įtampa viršija 12 KV. Kai priešlaikinis uždegimas pernelyg stiprus, ankstyvas liepsnos frontas susiduria su kibirkšties sukeltu uždegimo liepsnos frontu. Dėl to atsiranda didelė HC, žema CO, didelė O<sub>2</sub>, žema CO<sub>2</sub> ir didelė NO<sub>x</sub> koncentracija. Sumažėja variklio atiduodamas galingumas.

Liesas mišinys, dėl klaidingo deguonies daviklio signalo, nesukalibruotas MAP daviklis, užsikimšęs purkštukas, žemas kuro slėgis arba vakuomo nuotėkis-- taip pat gali būti didelės NO<sub>x</sub> koncentracijos priežastis. Esant šioms sąlygoms, deguonis oksiduoja vandenilį ir anglį, dėl to degimo kameroje susidaro ypač aukšta temperatūra. Šis poveikis yra analogiškas plieno pjovimui dujomis, kuomet oksiduojami metalo sudėtyje esantys anglies atomai. Temperatūrai didėjant, azoto molekulės skyla į atomus ir su deguonies atomais sudaro NO<sub>x</sub> junginius. Kadangi deguonis sunaudojamas NO<sub>x</sub> junginiams sudaryti, jo trūksta kuro mišiniui deginti, todėl daug angliavandenių nesudega. Dujų analizatorius tuomet rodo didelę HC, žemą CO, didelę O<sub>2</sub>, žemą CO<sub>2</sub> ir didelę NO<sub>x</sub> koncentraciją. Antrinės uždegimo grandinės matavimai turėtų parodyti aukštesnę nei normaliai uždegimo įtampą, viršijančią 12 KV, ilgesnę nei normaliai kibirkšties trukmę, viršijančią 1,8 ms. Skeneris taip pat rodys nulinę arba žemą deguonies daviklio įtampą ir liesą mišinį. Kadangi variklis dirba lieso mišinio degimo sąlygomis, nėra atliekamų HC, esančių riebaus mišinio sąlygomis, kurie galėtų absorbuoti šilumą. Taigi, CO molekulės, kurių reikia normaliam katalizatoriaus veikimui užtikrinti, redukuojant NO<sub>x</sub> į azoto ir anglies dvideginį, nebus sukurtos.

Jei EGR sistema būtų neaktyvi dėl užblokuoto praėjimo, neveikiančio vožtuvo, sugedusios vakuuminės valdymo sistemos arba elektroninio gedimo, išmetamųjų dujų srautas nebus valdomas. Dėl to padidės degimo temperatūra. Kai EGR atsidarys, išmetamosios dujos bus paduodamos į degimo kamerą, todėl kamera atvės. MAP daviklis aptiks vakuumo sumažėjimą, mišinio riebumas bus padidintas, todėl degimo kamera dar labiau atvės ir variklis vėl įgis pradinę galią. Deguonies daviklis taip pat aptiks liesą mišinį kai EGR atsidarys, todėl mišinio riebumas bus padidintas. Dujų analizatoriumi šiuo atveju stebėsite didelę HC, žemą CO, žemą O<sub>2</sub>, žemą CO<sub>2</sub> ir didelę NO<sub>x</sub> koncentraciją dėl netinkamai veikiančios EGR.

Kad patikrintumėte sistemos praeinamumą, rankiniu būdu atidarykite vožtuvą arba paduokite į jį vakuumą. Tuomet variklio sūkliai turėtų sumažėti 200 RPM arba daugiau. Kad patikrintumėte elektroninę vakuumo valdymo sistemą, važiuokite automobiliu, esant prijungtam vakuumo matuokliui už solenoido. Kai variklis apkrautas, solenoidas turėtų atsidaryti, todėl pamatysite vakuummetro parodymą. Skeneris turėtų parodyti, kiek procentų atsidaręs EGR vožtuvas.

Anglies apnašos ant stūmoklio viršaus arba cilindro sienelių gali sukelti priešlaikinį uždegimą. To rezultatai bus panašūs kaip aušinimo sistemos gedimų atveju. Anglies nuosėdos gali susikaupti dėl ypač riebaus mišinio tam tikrą variklio darbo laiką. Taigi, atliekant remontą, kai padidėjęs CO teršalų kiekis, visuomet tikėkitės, jog degimo kameroje bus susikaupusių anglies nuosėdų. Tokio tipo anglies nuosėdos gali susidaryti netgi dėl alyvos suvartojimo, o tai taip pat sumažina degimo kameros temperatūrą. Anglies nuosėdos ant vožtuvo kakliuko sugeria kūrą, mišinys tampa pernelyg liesas, todėl rezultatai panašūs kaip anksčiau apibūdinti lieso mišinio atveju. Šio tipo diagnostika atliekama apžiūrint cilindrų vidų, stūmoklius arba vožtuvus. Atliekant remontą, tokiu atveju gali būti naudingas stiprus aukštos kokybės valiklis. Jei variklis dirba ne riebaus mišinio režime, dujų analizatoriumi matysite didelę HC, žemą CO, didelę O<sub>2</sub>, žemą CO<sub>2</sub> ir didelę NO<sub>x</sub> koncentraciją. Didelės O<sub>2</sub> koncentracijos priežastis yra ta, kad anglies poveikis panašus į lieso mišinio nevisuomet įvykstantį uždegimą. Skeneriu turėtumėte aptikti žemą deguonies daviklio įtampą. Antrinėje uždegimo grandinėje pastebėsite aukštą kibirkšties įtampą, viršijančią 12 KV ir, galbūt, antrą uždegimą kibirkšties impulse.

Dėl susidėvėjusio arba praslydusio skirstymo dirželio gali ryškiai padidėti temperatūra degimo kameros viduje. Jei skirstymo dirželis arba grandinė yra pernelyg laisvi, skirstymo velenėlio fazės vėluos. Skirstymo velenėlis suksis vėliau, nei turėtų alkūninio veleno atžvilgiu, todėl vožtuvai atsidarinės netinkamu momentu. Įsiurbimo vožtuvai įsiurbimo takto metu atsidarys per vėlai, todėl oras bus siurbiamas į cilindrą vėliau, nei reikėtų. Dėl to suspaudimo slėgis bus didesnis nei reikėtų suspaudimo takto pabaigoje, o temperatūra pasieks didžiausią reikšmę vėliau darbinio takto metu. O tai reiškia, jog oksidacija vyks ilgiau ir temperatūra dar labiau padidės. Dėl pernelyg vėlyvo vožtuvų atsidarymo, vakuumas bus žemas, o MAP daviklis tai matys kaip apkrovą, todėl stengsis padidinti kuro kiekį, o dėl to padidės CO koncentracija. Dujų analizatorius parodys didelę HC, didelę CO, žemą O<sub>2</sub>, žemą CO<sub>2</sub> ir didelę NO<sub>x</sub> koncentraciją.

Jei bazinis uždegimo kampas yra pernelyg ankstyvas, žvakė uždegs kuro mišinį pernelyg anksti, todėl degimo temperatūra pradės didėti jau suspaudimo takto eigoje, o dėl to susidarys NO<sub>x</sub> junginiai. Dėl labai ankstyvo liepsnos fronto suspaudimo takto metu (dėl ankstyvo uždegimo), anksti prasidėjusi oksidacija pernelyg padidins suspaudimo takto metu susidarančią temperatūrą.

Išmetimo vožtuvo sandarinimo paviršius ne tik sandariai uždaro cilindrą, bet ir nuveda iš vožtuvo susidariusią šilumą į aušinimo sistemą. Nuo netinkamai užsidarančio išmetimo vožtuvo šiluma nuvedama nepakankamai gerai. Todėl vožtuvo ir jo lizdo temperatūra padidės, o tai sukels priešlaikinį uždegimą. Dėl to susidarys didelė HC, žema CO, didelė O<sub>2</sub>, žema CO<sub>2</sub> ir didelė NO<sub>x</sub> koncentracija.

**Taigi, kaip matote, padidėjusios NO<sub>x</sub> koncentracijos priežastys yra pernelyg aukšta degimo kameros temperatūra. Deja, degimo kameros temperatūra viršyti magišką 2300 laipsnių ribą gali dėl daugelio įvairių veiksnių. Laimei, turėdami patikimą penkių dujų analizatorių ir šiek tiek sugebėdami logiškai mąstyti, galite gerai įvertinti problemą, pakeisti sugedusius komponentus arba atlikti reikiamą reguliavimą ir išleisti vairuotoją kelionėn geriau veikiančiu ir mažiau aplinką teršiančiu automobiliu.**