

**FÖRFARANDE OCH SYSTEM FÖR ~~AVGASRENING~~ IIVID REGENERERING AV
ETT PARTIKELFILTER FÖR AVGASRENING**

Uppfinningens område

Föreliggande uppfinning hänför sig till partikelfilter och i
5 synnerhet till ett förfarande för regenerering av
partikelfilter enligt ingressen till patentkrav 1.
Uppfinningen avser även ett system och ett fordon.

Uppfinningens bakgrund

På grund av ökade myndighetsintressen avseende föroreningar
10 och luftkvalitet i framförallt stadsområden har
utsläppsstandarder och regler framtagits i många
jurisdiktioner.

Dylika utsläppsstandarder utgör ofta kravuppsättningar vilka
definierar acceptabla gränser för avgasutsläpp för fordon
15 utrustade med förbränningsmotorer. Exempelvis regleras ofta
nivåer för utsläpp av kväveoxider (NO_x), kolväten (HC),
kolmonoxid (CO) och partiklar för de flesta typer av fordon i
dessa standarder.

I strävan att uppfylla sådana utsläppsstandarder pågår
20 forskning i syfte att minska utsläpp med hjälp av
efterbehandling (rening) av de avgaser som orsakas av
förbränningsmotorns förbränning.

Ett sätt att efterbehandla avgaser från en förbränningsmotor
utgörs av en s.k. katalytisk reningsprocess, varför också
25 fordon och många gånger åtminstone större
förbränningsmotordrivna farkoster vanligtvis innefattar
åtminstone en katalysator.

Vidare kan efterbehandlingssystem, alternativt eller i
kombination med en eller flera katalysatorer, innefatta andra
30 komponenter, såsom t.ex. partikelfilter. Det förekommer även

partikelfilter och katalysatorer som är integrerade med varandra.

Vid förbränningsmotorns bränsles förbränning i cylindrarna bildas sotpartiklar. Partikelfilter används för att fånga upp dessa sotpartiklar, och fungerar på så sätt att avgasströmmen

leds genom en filterstruktur där sotpartiklar fångas upp från den passerande avgasströmmen och upplagras i partikelfiltret. Partikelfiltret fylls med sot allteftersom fordonet framförs, och förr eller senare måste filtret tömmas på sot, vilket

vanligtvis åstadkoms med hjälp av s.k. regenerering. Regenerering innebär att sotpartiklarna, vilka i huvudsak består av kolpartiklar, omvandlas till koldioxid och/eller kolmonoxid i en eller flera kemiska processer, och i huvudsak kan regenerering ske på två olika sätt. Dels kan regenerering ske genom s.k. syre(O_2)-baserad regenerering, även kallad aktiv regenerering. Vid aktiv regenerering omvandlas kol med hjälp av syre till koldioxid samt värme.

Denna kemiska reaktion erfordrar förhållandevis höga partikelfiltertemperaturer för att önskad reaktionshastighet (tömnings-hastighet) överhuvudtaget ska uppstå.

Istället för aktiv regenerering kan NO_2 -baserad regenerering, även kallad passiv regenerering, tillämpas. Vid passiv regenerering bildas kväveoxid och koloxid genom en reaktion mellan kol och kvävedioxid. Fördelen med passiv regenerering är att önskade reaktionshastigheter, och därmed den hastighet med vilken filtret töms, kan uppnås vid betydligt lägre temperaturer.

Eftersom regenereringen är temperaturberoende vidtas vid båda typer av regenerering åtgärder för att höja partikelfiltrets temperatur och därmed erhålla en snabbare regenerering. Vid gynnsamma driftsförhållanden kan denna regenerering utföras

under drift, varvid således regenereringen kan utföras väsentligen utan negativ inverkan för fordonets förare.

Det existerar dock situationer/driftsfall där fordonets framförande är sådant att regenerering under färd inte kan utföras på ett effektivt sätt. Även om fordonet periodvis kan framföras under regenereringshänseende gynnsamma förutsättningar kan det också vara så att dessa förutsättningar inträffar med alltför glesa intervall eller under alltför korta tidsperioder. Detta betyder att partikelfiltret förr eller senare kommer att uppnå en sådan fyllnadsgrad att regenerering måste utföras för att fordonet ska kunna framföras på ett säkert och önskat sätt.

Vid dylika situationer kan det därför erfordras att fordonet stoppas, varvid s.k. parkerad regenerering, dvs. regenerering med fordonet stillastående, sedan utförs.

Vid regenerering när fordonet står stilla är det dock önskvärt att regenereringen ska kunna utföras så snabbt som möjligt, och även på ett sådant sätt att varje gång regenerering utförs denna tar väsentligen lika lång tid, så att fordonets förare därmed vet hur lång tid regenereringen tar. Härigenom kan det också säkerställas att partikelfiltret vid avslutad regenerering har tömts i önskad utsträckning.

Detta kan dock, framförallt vid passiv regenerering, utgöra en svårighet. Vid stillastående passiv regenerering höjs partikelfiltrets temperatur åtminstone genom att addera oförbränt bränsle till avgasströmmen, varvid detta oförbrända bränsle sedan tillåts att oxidera (brinna) i efterbehandlingssystemet för att på så sätt generera värme som höjer partikelfiltrets temperatur. Denna oxidation av bränsle inverkar dock negativt på bildningen av den vid passiv regenerering erfordrade kvävedioxiden, varför önskad regenereringshastighet kan vara svår att uppnå.

Således existerar det ett behov av en förbättrad lösning vid passiv regenerering av partikelfilter.

Sammanfattning av uppfinningen

Det är ett syfte med föreliggande uppfinning att
5 tillhandahålla ett förfarande för regenerering av
partikelfilter på ett effektivt sätt. Detta syfte uppnås genom
ett förfarande enligt den kännetecknande delen av patentkrav
1.

Föreliggande uppfinning hänför sig till ett förfarande vid
10 regenerering av ett partikelfilter i ett
efterbehandlingssystem, varvid nämnda partikelfilter är
inrättat för behandling av ett vid en förbränning i en
förbränningsmotor avgivet avgasmassflöde, varvid luft tillförs
nämnda förbränning.

15 Förfarandet innefattar stegen att:

- bestämma en representation av en temperatur för den till
förbränningen tillförda luften,

- bestämma en representation av ett tryck för den till
förbränningen tillförda luften, och

- 20 - baserat på nämnda representationer av temperatur och tryck
för nämnda till nämnda förbränning tillförda luft styra nämnda
förbränningsmotor så att storleken på det vid förbränningen
avgivna avgasmassflödet väsentligen motsvarar ett första
värde, varvid nämnda förbränningsmotor styrs så att storleken
25 på det vid förbränningen avgivna avgasmassflödet väsentligen
motsvarar nämnda första värde åtminstone delvis genom att
styra varvtalet för nämnda förbränningsmotor.

Föreliggande uppfinning har fördelen att genom att styra
förbränningsmotorns varvtal baserat på den till förbränningen
30 tillförda luftens temperatur och tryck kan avgasmassflödet
styras mot ett bestämt värde, varvid således detta
avgasmassflöde kan upprätthållas under regenerering oavsett de

omgivningsförhållanden som råder. Således kan, oavsett om fordonet befinner sig i en varm eller kall omgivning, och oavsett om rådande lufttryck är högt eller lågt, väsentligen samma avgasmassflöde alltid erhållas. Härmed kan det också
5 säkerställas att regenereringen alltid kommer att ta väsentligen lika lång tid.

Nämnda första värde kan bestämmas på tillämpligt sätt. Det avgasmassflöde som ur regenereringssynpunkt vid passiv regenerering utgör ett gynnsamt flöde beror av
10 efterbehandlingssystemets möjlighet till omvandling av NO till NO₂. Detta beror t.ex. på storleken för den i efterbehandlingssystemet vanligt förekommande oxidationskatalysatorn (dvs. den totala ytan för de ädelmetallbelagda ytorna i katalysatorn). Föreliggande
15 uppfinning är även tillämplig vid system där oxidationskatalysator saknas, och där omvandling av NO till NO₂ sker antingen i partikelfiltret eller med hjälp av annat lämpligt organ. Ju större oxidationskatalysator (och/eller ädelmetallbelagda ytor i partikelfiltret), desto större
20 avgasmassflöde kan inställas utan att omvandling av NO till NO₂ påverkas alltför negativt vid oxidationskatalysatorns oxidation av oförbränt bränsle i avgasströmmen.

Bestämning av nämnda första värde kan därför t.ex. åstadkommas genom att prova katalysatorn vid olika avgasmassflöden med
25 samtidig tillförsel av oförbränt bränsle, varvid den resulterande NO₂-omvandlingen kan bestämmas för olika flöden och optimalt flöde, dvs. det massflöde vid vilket regenereringen uppnår högst regenereringshastighet, därmed kan bestämmas.

30 Det optimala avgasmassflödet kan t.ex. lagras i fordonets styrsystem för användning som börvärde vid parkerad regenerering.

Det vid regenereringen mest fördelaktiga flödet kan t.ex. även bero på den mängd oförbränt bränsle som tillförs avgasströmmen, varför i en utföringsform olika börvärden används för olika bränslemängder för tillförsel till avgasströmmen.

Ytterligare kännetecken för föreliggande uppfinning och fördelar därav kommer att framgå ur följande detaljerade beskrivning av exempelutföringsformer och de bifogade ritningarna.

10 **Kort beskrivning av ritningarna**

Fig. 1a visar en drivlina i ett fordon vid vilket föreliggande uppfinning med fördel kan användas.

Fig. 1b visar en exempelstyrenhet i ett fordonsstyrssystem.

Fig. 2 visar ett exempel på ett efterbehandlingssystem i ett fordon vid vilket föreliggande uppfinning med fördel kan användas.

Fig. 3 visar ett exempel på regenererings- (sotutbrännings-) hastigheten som funktion av sotmängd i partikelfiltret, och dess temperaturberoende.

Fig. 4 visar temperaturberoendet för oxidation av kväveoxid till kvävedioxid i en oxidationskatalysator.

Fig. 5 visar schematiskt ett förfarande enligt en exempelutföringsform av föreliggande uppfinning.

Detaljerad beskrivning av föredragna utföringsformer

Fig. 1a visar schematiskt ett tungt exempelfordon 100, såsom en lastbil, buss eller liknande, enligt en exempelutföringsform av föreliggande uppfinning. Det i fig. 1a schematiskt visade fordonet 100 innefattar ett främre hjulpar 111, 112 och ett bakre hjulpar med drivhjul 113, 114. Fordonet innefattar vidare en drivlina med en förbränningsmotor 101,

vilken på ett sedvanligt sätt, via en på förbränningsmotorn 101 utgående axel 102, är förbunden med en växellåda 103, t.ex. via en koppling 106.

En från växellådan 103 utgående axel 107 driver drivhjulen 113, 114 via en slutväxel 108, såsom t.ex. en sedvanlig differential, och drivaxlar 104, 105 förbundna med nämnda slutväxel 108.

Fordonet 100 innefattar vidare ett efterbehandlingssystem (avgasreningssystem) 200 för behandling (rening) av avgasutsläpp från förbränningsmotorn 101.

Efterbehandlingssystemet visas mer i detalj i fig. 2. Figuren visar fordonets 100 förbränningsmotor 101, där de vid förbränningen genererade avgaserna leds via ett turboaggregat 220 (vid turbomotorer driver ofta den från förbränningen resulterande avgasströmmen ett turboaggregat som i sin tur komprimerar den inkommande luften till cylindrarnas förbränning). Funktionen för turboaggregat är mycket välkänd, och beskrivs därför inte närmare här. Avgasströmmen leds sedan via ett rör 204 (indikerat med pilar) till ett partikelfilter (Diesel Particulate Filter, DPF) 202 via en oxidationskatalysator (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) 205.

Vidare innefattar efterbehandlingssystemet en nedströms om partikelfiltret 202 anordnad en SCR (Selective Catalytic Reduction) -katalysator 201. SCR-katalysatorer använder ammoniak (NH_3), eller en sammansättning ur vilken ammoniak kan genereras/bildas, som tillsatsmedel för reduktion av mängden kväveoxider NO_x .

Partikelfiltret 202 kan alternativt vara anordnat nedströms om SCR-katalysatorn 201, även om detta kan vara mindre fördelaktigt då föreliggande uppfinning hänför sig till s.k. passiv regenerering där regenereringen är beroende av de

kväveoxider som normalt reduceras av SCR-katalysatorn. Enligt en utföringsform av föreliggande uppfinning innefattar efterbehandlingssystemet överhuvudtaget inte någon SCR-katalysator.

- 5 Oxidationskatalysatorn DOC 205 har flera funktioner, och utnyttjar det luftöverskott som dieselmotorprocessen allmänt ger upphov till i avgasströmmen som kemisk reaktor tillsammans med en ädelmetallbeläggning i oxidationskatalysatorn.
- 10 Oxidationskatalysatorn används normalt primärt för att oxidera kvarvarande kolväten och kolmonoxid i avgasströmmen till koldioxid och vatten. Vid oxidationen av kolväten (dvs. oförbränt bränsle) bildas även värme, vilket nyttjas av föreliggande uppfinning för att höja partikelfiltrets temperatur genom att addera bränsle till avgasströmmen, varvid
- 15 detta bränsle sedan tillåts brinna över oxidationskatalysatorn för att på så sätt generera värme som höjer partikelfiltrets temperatur till önskad temperatur.

- Bränslet kan tillföras avgasströmmen genom insprutning i förbränningsmotorns förbränningskammare (såsom sedvanliga
- 20 cylindrar), sent under förbränningssteget i förbränningscykeln, varvid det sent insprutade bränslet endast i liten utsträckning, eller inte alls, antänds, och åtminstone större delen av den insprutade bränslemängden således tillförs avgasströmmen som oförbränt bränsle.

- 25 Detta förfarande för att höja partikelfiltrets temperatur används även vid aktiv regenerering.

- Oxidationskatalysatorn kan även oxidera en stor andel av de i avgasströmmen förekommande kvävemoxiderna (NO) till kvävedioxid (NO₂). Denna kvävedioxid utnyttjas också vid passiv
- 30 regenerering enligt föreliggande uppfinning. Även ytterligare reaktioner kan förekomma i oxidationskatalysatorn.

I den visade utföringsformen är DOC 205, DPF 202 samt även SCR-katalysatorn 201 integrerade i en och samma avgasreningseenhet 203. Det ska dock förstås att DOC 205 och DPF 202 inte behöver vara integrerade i en och samma avgasreningseenhet, utan enheterna kan vara anordnade på annat sätt där så befinnes lämpligt. T.ex. kan DOC 205 vara anordnad närmare förbränningsmotorn 101. Likaså kan SCR-katalysatorn vara anordnad separat från DPF 202 och/eller DOC 205.

Den i fig. 2 visade efterbehandlingssystemuppsättningen är vanligt förekommande vid tunga fordon, åtminstone i jurisdiktioner där strängare utsläppskrav råder, men som alternativ till oxidationskatalysatorn kan istället partikelfiltret innefatta ädelmetallbeläggningar så att de i oxidationskatalysatorn förekommande kemiska processerna istället förekommer i partikelfiltret, och efterbehandlingssystemet således inte innefattar någon DOC.

Såsom nämnts bildas sotpartiklar vid förbränningsmotorns 101 förbränning. Dessa sotpartiklar bör inte, och får i många fall heller inte, släppas ut i fordonets omgivning. Dieselpartiklar består av kolväten, kol (sot) och oorganiska ämnen såsom svavel och aska. Såsom nämnts ovan fångas dessa sotpartiklar därför upp av partikelfiltret 202, vilket fungerar på så sätt att avgasströmmen leds genom en filterstruktur där sotpartiklar fångas upp från den passerande avgasströmmen för att sedan upplagras i partikelfiltret 202. Med hjälp av partikelfilter 202 kan en mycket stor andel av partiklarna avskiljas från avgasströmmen.

I takt med att partiklar avskiljs från avgasströmmen med hjälp av partikelfiltret 202 ansamlas alltså de avskiljda partiklarna i partikelfiltret 202, varvid detta med tiden fylls upp av sot. Beroende på faktorer såsom aktuella

körförhållanden, förarens körsätt och fordonslast kommer en större eller mindre mängd sotpartiklar att genereras, varför denna uppfyllnad ske mer eller mindre snabbt, men när filtret är uppfyllt till en viss nivå måste filtret "tömmas". Om
5 filtret är uppfyllt till alltför hög nivå kan fordonets prestanda påverkas, samtidigt som även brandfara, p.g.a. sotansamling i kombination med höga temperaturer, kan uppstå.

Enligt ovan utförs tömning av partikelfilter 202 med hjälp av regenerering där sotpartiklar, kolpartiklar, i en kemisk
10 process omvandlas till, beroende på om regenereringen är av aktiv eller passiv typ, koldioxid och/eller kväveoxid samt kolmonoxid. Över tiden måste således partikelfiltret 202 med mer eller mindre regelbundna intervall regenereras, och bestämning av lämplig tidpunkt för regenerering av
15 partikelfiltret kan t.ex. utföras med hjälp av en styrenhet 208, vilken t.ex. kan utföra bestämning av lämplig tidpunkt/tidpunkter åtminstone delvis med hjälp av signaler från en tryckgivare 209, vilken mäter differentialtrycket över partikelfiltret. Ju mer partikelfiltret 202 fylls upp, desto
20 högre kommer tryckskillnaden över partikelfiltret 202 att vara.

Normalt vidtas inga regenereringsåtgärder så länge som filtrets fyllnadsnivå understiger någon förutbestämd nivå. T.ex. kan styrsystemets styrning av filterregenereringen vara
25 så anordnad att inga åtgärder vidtas så länge som filtrets fyllnadsgrad t.ex. understiger någon lämplig fyllnadsgrad i intervallet 60-80%. Filtrets fyllnadsgrad kan uppskattas på något lämpligt sätt, t.ex. med hjälp av differentialtrycket enligt ovan, där en viss tryckskillnad representerar viss
30 fyllnadsgrad.

Styrenheten 208 styr även regenereringsförfarandet enligt föreliggande uppfinning, vilket beskrivs mer i detalj nedan.

Allmänt består styrsystem i moderna fordon vanligtvis av ett kommunikationsbussystem bestående av en eller flera kommunikationsbussar för att sammankoppla ett antal elektroniska styrenheter (ECU:er), eller controllers, och olika på fordonet lokaliserade komponenter. Ett dylikt styrsystem kan innefatta ett stort antal styrenheter, och ansvaret för en specifik funktion kan vara uppdelat på fler än en styrenhet.

För enkelhetens skull visas i fig. 2 endast styrenheten 208, men fordon av den visade typen innefattar ofta ett relativt stort antal styrenheter, t.ex. för styrning av motor, växellåda, etc. etc., vilket är välkänt för fackmannen inom teknikområdet.

Föreliggande uppfinning kan implementeras i styrenheten 208, men kan även implementeras helt eller delvis i en eller flera andra vid fordonet förekommande styrenheter.

Styrenheter av den visade typen är normalt anordnade att ta emot sensorsignaler från olika delar av fordonet, t.ex., såsom visas i fig. 2, nämnda trycksensor 209 och temperatursensorer 210-212, samt även t.ex. en motorstyrenhet (ej visad). De styrenhetsgenererade styrsignalerna är normalt även beroende både av signaler från andra styrenheter och signaler från komponenter. T.ex. kan styrenhetens 208 styrning av regenereringen enligt föreliggande uppfinning t.ex. bero av information som t.ex. mottas från motorstyrenheten samt de i fig. 2 visade temperatur-/tryckgivarna.

Styrenheter av den visade typen är vidare vanligtvis anordnade att avge styrsignaler till olika delar och komponenter av fordonet, i föreliggande exempel t.ex. till motorstyrenheten för att begära/beordra styrning av förbränningsmotorns förbränning enligt nedan.

Styrningen styrs ofta av programmerade instruktioner. Dessa programmerade instruktioner utgörs typiskt av ett datorprogram, vilket när det exekveras i en dator eller styrenhet åstadkommer att datorn/styrenheten utför önskad styrning, såsom förfarandesteg enligt föreliggande uppfinning. Datorprogrammet utgörs vanligtvis av en datorprogramprodukt 109 lagrad på ett digitalt lagringsmedium 121 (se fig. 1b) såsom exempelvis: ROM (Read-Only Memory), PROM (Programmable Read-Only Memory), EPROM (Erasable PROM), Flash-minne, EEPROM (Electrically Erasable PROM), en hårddiskenhet, etc., i eller i förbindelse med styrenheten och som exekveras av styrenheten. Genom att ändra datorprogrammets instruktioner kan således fordonets uppträdande i en specifik situation anpassas.

En exempelstyrenhet (styrenheten 208) visas schematiskt i fig. 1b, varvid styrenheten 208 i sin tur kan innefatta en beräkningsenhet 120, vilken kan utgöras av väsentligen någon lämplig typ av processor eller mikrodator, t.ex. en krets för digital signalbehandling (Digital Signal Processor, DSP), eller en krets med en förutbestämd specifik funktion (Application Specific Integrated Circuit, ASIC).

Beräkningsenheten 120 är förbunden med en minnesenhet 121, vilken tillhandahåller beräkningsenheten 120 t.ex. den lagrade programkoden 109 och/eller den lagrade data beräkningsenheten 120 behöver för att kunna utföra beräkningar.

Beräkningsenheten 120 är även anordnad att lagra del- eller slutresultat av beräkningar i minnesenheten 121.

Vidare är styrenheten 208 försedd med anordningar 122, 123, 124, 125 för mottagande respektive sändande av in- respektive utsignaler. Dessa in- respektive utsignaler kan innehålla vågformer, pulser, eller andra attribut, vilka av anordningarna 122, 125 för mottagande av insignaler kan

detekteras som information och kan omvandlas till signaler, vilka kan behandlas av beräkningsenheten 120.

Dessa signaler tillhandahålls sedan beräkningsenheten 120.

Anordningarna 123, 124 för sändande av utsignaler är anordnade

5 att omvandla signaler erhållna från beräkningsenheten 120 för

skapande av utsignaler genom att t.ex. modulera signalerna,

vilka kan överföras till andra delar av fordonets styrsystem

och/eller den/de komponenter för vilka signalerna är avsedda.

Var och en av anslutningarna till anordningarna för mottagande

10 respektive sändande av in- respektive utsignaler kan utgöras

av en eller flera av en kabel; en databuss, såsom en CAN-buss

(Controller Area Network bus), en MOST-buss (Media Orientated

Systems Transport), eller någon annan busskonfiguration; eller

av en trådlös anslutning.

15 Enligt ovan kan regenerering ske på i huvudsak två olika sätt.

Dels kan regenerering ske genom s.k. syre(O₂)-baserad

regenerering, även kallad aktiv regenerering. Vid aktiv

regenerering sker en kemisk process i huvudsak enligt ekv. 1:



20 Således ombildas vid aktiv regenerering kol plus syrgas till

koldioxid plus värme. Denna kemiska reaktion är dock kraftigt

temperaturberoende, och erfordrar förhållandevis höga

filtertemperaturer för att nämnvärd reaktionshastighet

överhuvudtaget ska uppstå. Typiskt krävs en minsta

25 partikelfiltertemperatur på 500°C, men företrädesvis bör

filtertemperaturen vara än högre för att regenereringen ska

ske med önskad hastighet.

Ofta begränsas dock den maximala temperatur som kan användas

vid aktiv regenerering av toleranser för de ingående

30 komponenterna. T.ex. har ofta partikelfiltret 202 och/eller

(där sådan förekommer) en efterföljande SCR-katalysator

konstruktionsmässiga begränsningar med avseende på den

- maximala temperatur dessa får utsättas för. Detta medför att den aktiva regenereringen kan ha en komponentmässigt maximalt tillåten temperatur som är oönskat låg. Samtidigt krävs alltså en mycket hög lägsta temperatur för att någon användbar
- 5 reaktionshastighet över huvud taget ska uppstå. Vid den aktiva regenereringen förbränns sotlasten i partikelfiltret 202 normalt väsentligen fullständigt. Det vill säga att en total regenerering av partikelfiltret erhålles, varefter sotnivån i partikelfiltret är väsentligen 0%.
- 10 Idag är det allt vanligare att fordon, förutom partikelfilter 202, även utrustas med SCR-katalysatorer 201, varför den aktiva regenereringen kan medföra problem i form av överhettning för den efterföljande SCR-katalysatorbehandlingsprocessen.
- 15 Åtminstone delvis på grund av denna anledning tillämpar föreliggande uppfinning, istället för ovan beskrivna aktiva regenerering, NO₂-baserad (passiv) regenerering. Vid passiv regenerering bildas, enligt ekv. 2 nedan, kväveoxid och koloxid vid en reaktion mellan kol och kvävedioxid:
- 20
$$\text{NO}_2 + \text{C} = \text{NO} + \text{CO} \quad (\text{ekv. 2})$$
- Fördelen med passiv regenerering är att önskade reaktionshastigheter, och därmed den hastighet med vilken filtret töms, uppnås vid lägre temperaturer. Typiskt sker regenerering av partikelfilter vid passiv regenerering vid
- 25 temperaturer i intervallet 200°C - 500°C, även om temperaturer i den höga delen av intervallet normalt är att föredra. Oavsett detta utgör således detta jämfört med vid aktiv regenerering väsentligt lägre temperaturintervall en stor fördel vid t.ex. förekomst av SCR-katalysatorer, eftersom det
- 30 inte föreligger någon risk för att en så pass hög temperaturnivå uppnås, att risk för att SCR-katalysatorn skadas föreligger. Fortfarande är det dock viktigt att en

förhållandevis hög temperatur erhålls enligt nedan, och föreliggande uppfinning avser ett förfarande för att undvika regenerering vid situationer när regenereringen inte anses kunna utföras på ett effektivt sätt.

5 I fig. 3 visas ett exempel på regenererings- (sotutbrännings-) hastigheten som funktion av sotmängd i partikelfiltret 202 och för driftsfall vid två olika temperaturer (350°C resp. 450°C). Regenereringshastigheten exemplifieras även för låg respektive
10 utbränningshastigheten låg vid låg temperatur (350°C) och låg koncentration av kvävedioxid. Regenereringshastighetens temperaturberoende framgår tydligt av det faktum att utbränningshastigheten är förhållandevis låg även vid hög koncentration av kvävedioxid så länge som filtertemperaturen
15 är låg. Utbränningshastigheter är väsentligt högre vid 450°C även i det fall låg koncentration av kvävedioxid råder, även om höga halter kvävedioxid uppenbart är att föredra.

Den passiva regenereringen är dock, förutom att vara beroende av partikelfiltrets temperatur och sotmängd enligt fig. 3, och
20 såsom framgår av ekv. 2 ovan och fig. 3, även beroende av tillgången på kvävedioxid. Normalt utgör dock andelen kvävedioxid (NO_2) av den totala mängd kväveoxider (NO_x) som genereras vid förbränningsmotorns förbränning endast av 0 - 10% av den totala mängden kväveoxider. När förbränningsmotorn
25 är hårt belastad kan andelen NO_2 vara så låg som 2 - 4%. I syfte att erhålla en snabb regenerering av partikelfiltret finns det således en önskan om att andelen kvävedioxid i avgasströmmen är så hög som möjligt vid avgasströmmens inträde i partikelfiltret 202.

30 Således finns det också en önskan om att öka mängden kvävedioxid NO_2 i den från förbränningsmotorns förbränning resulterande avgasströmmen. Denna omvandling kan utföras på

flera olika sätt, och kan åstadkommas med hjälp av oxidationskatalysatorn 205, där kväveoxid kan oxideras till kvävedioxid.

Oxidation av kväveoxid till kvävedioxid i

5 oxidationskatalysatorn utgör dock också en starkt temperaturberoende process, vilket exemplifieras i fig. 4. Såsom kan ses i figuren kan, vid gynnsamma temperaturer, andelen kvävedioxid av den totala mängden kväveoxider i avgasströmmen ökas till uppemot 60%. Såsom också kan ses i
10 figuren vore det således optimalt med en temperatur i storleksordningen 250°C - 350°C vid den passiva regenereringen för att erhålla en så pass hög oxidation av kväveoxid till kvävedioxid som möjligt.

Såsom har beskrivits i anknytning till ekv. 2 och fig. 3

15 gäller dock ett helt annat temperaturförhållande för själva utbränningsprocessen. Detta temperaturförhållande visas med streckad linje i fig. 4, och som kan ses är reaktionshastigheten i princip obefintlig vid temperaturer understigande en partikelfiltertemperatur på 200-250°. Det ska
20 dock inses att de visade temperaturangivelserna endast utgör exempel, och att verkliga värden kan avvika från dessa. T.ex. kan det sätt på vilket temperaturerna bestäms/beräknas ha inverkan på temperaturgränserna. Nedan exemplifieras några sätt att bestämma filtrets temperatur.

25 Om fri tillgång av kvävedioxid råder skulle således en så hög filtertemperatur som möjligt vara att föredra. Såsom också kan ses i fig. 4 leder detta dock till låg oxidation av kväveoxid till kvävedioxid. Detta innebär i sin tur att regenereringen inte fullt ut kommer att kunna dra nytta av den höga
30 filtertemperaturen, eftersom reaktionen kommer begränsas av brist på kvävedioxid. Fortfarande gäller dock, enligt den streckade linjen i fig. 4, att partikelfiltret måste uppnå

åtminstone en minsta temperatur för att regenerering ska kunna ske inom rimlig tid. Av denna anledning används också enligt ovan temperaturhöjande åtgärder för att höja partikelfiltrets temperatur.

5 De temperaturhöjande åtgärderna kan åstadkommas genom att styra förbränningsmotorn på ett sådant sätt att en hög avgastemperatur erhålls, vilket åstadkoms genom att sänka motorns verkningsgrad till en låg nivå, så att en stor del av energin övergår i värme. Även om denna typ av värmehöjande
10 åtgärder många gånger är tillräckliga vid regenerering under drift existerar det, såsom nämnts ovan, situationer/driftsfall där regenerering under färd inte kan utföras på ett effektivt sätt och, varvid s.k. parkerad regenerering, dvs. regenerering med fordonet stillastående, därför måste utföras.

15 Vid regenerering med stillastående fordon blir inte den resulterande avgastemperaturen tillräckligt hög för att önskad regenereringshastighet ska kunna erhållas enbart med hjälp att styra förbränningsmotorns verkningsgrad ens vid passiv regenerering, utan för att kunna höja partikelfiltrets
20 temperatur till önskad temperatur måste bränsle adderas till avgasströmmen som sedan genererar värme vid oxidation i oxidationskatalysatorn.

Insprutning av bränsle till avgasströmmen kan ske på flera sätt. T.ex. kan insprutning ske med hjälp av en injektor i
25 avgassystemet, såsom i ett avgasrör. Alternativt kan bränsle insprutas i förbränningsmotorns förbränningskammare. Föreliggande uppfinning är tillämplig vid godtyckligt sätt att tillföra oförbränt bränsle till avgasströmmen. Dylik insprutning av bränsle finns beskriven i den kända tekniken.

30 När bränsle sprutas in i cylindern insprutas detta under högt tryck. För att bränslet ska följa med avgasströmmen oförbränt måste bränslet insprutas sent under förbränningen, vilket

innebär att en förhållandevis stor del av cylinderväggen är frilagd (kolven befinner sig långt ner i cylindern). Detta innebär att det med högt tryck insprutade bränslet kommer att träffa cylinderväggarna och spola bort den vid

5 cylinderväggarna befintliga oljefilmen. Cylinderväggarna i förbränningsmotorers cylindrar ska normalt vara försedda med en fin oljefilm för smörjning av cylinderkolvens upp- och nedåtgående rörelser i cylindern för att därmed reducera slitage. Bortspolning av denna oljefilm, även kallat

10 "väggvätning" minskar således smörjförmågan med risk för slitage som följd. Detta problem kan minskas genom att vid regenerering enligt föreliggande uppfinning styra insprutning enligt den i den parallella ansökan **"FÖRFARANDE OCH SYSTEM FÖR AVGASRENING III"**, med samma sökande och uppfinnare som

15 ~~föreliggande ansökan, beskrivna lösningen där så att, istället för att tillföra bränsle tillförs vid varje förbränning, såsom t.ex. varje förbränningstakt vid en fyrtaktsmotor/dieselmotor, större mängder bränsle insprutas under färre förbränningar.~~

T.ex. kan dubbel mängd bränsle insprutas vid varannan

20 förbränning (förbränningstakt), tredubbel mängd vid var tredje förbränning (förbränningstakt) etc.

Tillförsel av oförbränt bränsle till avgasströmmen för uppvärmning av ett partikelfilter vid passiv regenerering har även en ytterligare nackdel. Enligt ovan påverkar oxidering av
25 oförbränt bränsle NO₂-bildningen i oxidationskatalysatorn på ett negativt sätt eftersom oxidationskatalysatorn i första hand kommer att utföra oxidation av HC (bränsle), och först i andra hand, om kapacitet kvarstår, bilda NO₂. Eftersom NO₂-bildningen reduceras markant, eller t.o.m. försvinner helt vid
30 oxidation av bränsle försvinner därmed även en viktig parameter för regenerering enligt ekv. 2 ovan.

Vid parkerad passiv regenerering bör tillförsel av bränsle till avgasströmmen pågå kontinuerligt, för att önskad temperatur ska kunna upprätthållas, vilket alltså medför problem för NO₂-bildningen enligt ovan.

5 Samtidigt är det vid parkerad regenerering önskvärt att regenereringen går så snabbt som möjligt så att fordonet sedan åter kan återgå till normal drift. Enligt föreliggande uppfinning tillhandahålls ett förfarande där den parkerade regenereringen följer en regenereringsprofil under en
10 förutbestämd tid. Härigenom kan det säkerställas att regenerering faktiskt sker i önskad och förväntad utsträckning. Enligt föreliggande uppfinning erhålls en hög regenereringshastighet vid passiv regenerering genom att en driftspunkt som ger ett högt NO₂-flöde in i partikelfiltret
15 trots tillförsel av oförbränt bränsle till avgasströmmen inställs.

Ett exempelförfarande 500 enligt föreliggande uppfinning visas i fig. 5.

Förfarandet börjar i steg 501, där det bestäms om parkerad
20 regenerering ska utföras. Denna bestämning kan t.ex. utföras enligt ovan genom att bestämma om differentialtrycket över partikelfiltret överstiger en viss nivå. Alternativt kan bestämningen t.ex. triggas av att förutsättningar för regenerering under färd inte är uppfyllda, och/eller att ett
25 antal regenereringsförsök har utförts utan att ha lyckats.

När parkerad regenerering ska utföras fortsätter förfarandet till steg 502.

För att uppnå en önskad regenereringshastighet vid parkerad passiv regenerering måste oförbränt bränsle tillföras
30 avgasströmmen för att önskad partikelfiltertemperatur ska erhållas. Det oförbrända bränslet oxideras enligt vad som

beskrivits ovan varvid värme för uppvärmning av partikelfiltret bildas.

Enligt vad som också har beskrivits ovan inverkar oxidering av bränsle i oxidationskatalysatorn negativt på bildningen av kvävedioxid. För att ett högt NO_2 -flöde ska erhållas måste det vid förbränningen skapas en hög andel NO_x samtidigt som avgasmassflödet är högt. Ett högt massflöde medför dock att oxidationskatalysatorn, sett ur avgasströmmens synvinkel blir "mindre" med följderna att NO_2 -omvandlingen minskar, dvs. NO_2 -omvandlingen i oxidationskatalysatorn avtar med flödet när oförbränt bränsle samtidigt tillförs avgasströmmen.

Om avgasmassflödet är lågt kommer katalysatorn, sett ur avgasströmmens synvinkel, istället att verka större eftersom tillgänglig katalysatorkapacitet då är stor i förhållande till avgasmassflödet. När, däremot massflödet är högt kommer oxidationskatalysatorn att vara fullt sysselsatt med oxidation av oförbränt bränsle eftersom denna process sker före omvandling av kväveoxid till kvävedioxid. Vid högt massflöde kan oxidationskatalysatorns resurser helt åtgå till oxidation av bränsle, varvid inga resurser kvarstår för omvandling av kväveoxid till kvävedioxid.

För att erhålla en så snabb regenerering som möjligt är det således viktigt att avgasmassflödet inställs till ett flöde som är så högt som möjligt för att regenerering ska gå så fort som möjligt samtidigt som flödet är tillräckligt lågt för att omvandlingen av NO till NO_2 vid förekomst av oförbränt bränsle i avgasflödet ska ske i önskad utsträckning.

Således kommer det avgasmassflöde som ur regenereringssynpunkt utgör ett gynnsamt flöde att bero av oxidationskatalysatorns storlek. Ju större oxidationskatalysator, desto större avgasmassflöde kan inställas utan alltför negativ inverkan på omvandling av NO till NO_2 . Vid parkerad regenerering kan

styrning av avgasflödet ske med större frihet, varvför det är önskvärt att avgasmassflödet inställs på ett så optimalt sätt som möjligt.

I steg 502 bestäms därför önskat avgasmassflöde. Detta flöde
5 kan t.ex. vara bestämt på förhand och finnas lagrat i fordonets styrsystem. Bestämning av flöde kan t.ex. åstadkommas genom att prova katalysatorn vid olika avgasmassflöden med samtidig tillförsel av oförbränt bränsle, varvid den resulterande NO₂-omvandlingen kan bestämmas för
10 olika flöden, och optimalt flöde, dvs. det flöde där regenereringshastigheten är högst, därmed bestämmas. Samtidigt bestäms det tryck och den temperatur som den till förbränningen tillförda luften har vid optimalt flöde. Även dessa värden lagras i styrsystemet.

15 Det i steg 502 fastställda värdet används sedan som börvärde vid den parkerade regenereringen.

Även om förbränningsmotorn styrs på ett identiskt sätt (dvs. samma motorvarvtal, bränsleinsprutning etc.) innebär dock detta inte att avgasmassflödet per automatik alltid blir
20 detsamma. Anledningen till detta är att avgasmassflödet, förutom motorstyrningsparametrar, även i stor utsträckning beror av temperaturen för den luft som tillförs förbränningen, liksom även rådande lufttryck. T.ex. kommer luften i fordonets omgivning, och därmed den luft som tillförs fordonets
25 förbränning, att ha en lägre densitet en varm sommardag jämfört med en kall vinterdag. Detta innebär att vid samma motorvarvtal kommer avgasmassflödet att vara lägre på sommaren jämfört med på vintern. Motsvarande förhållande gäller rådande lufttryck, där ett lågt lufttryck resulterar i lägre
30 avgasmassflöde.

Till exempel, om det en varm sommardag råder en temperatur på +30°C kommer skillnaden (flödesminskningen) mot en kall vinterdag då det råder -20°C att vara:

$$\frac{273,15+(-20)}{273,15+30} \approx 0,84 \quad (\text{ekv. 3})$$

- 5 Dvs. en varm sommardag är avgasmassflödet endast ca 84% av flödet en kall vinterdag vid samma motorstyrning.

På motsvarande sätt kommer avgasmassflödet en dag med lågt lufttryck, t.ex. 700 millibar att vara proportionerligt mindre än avgasmassflödet vid t.ex. 1000 millibars lufttryck enligt:

$$10 \quad \frac{700}{1000} = 0,70 \quad (\text{ekv. 4})$$

Både var och en för sig men framförallt sammantaget har således aktuellt tryck och temperatur för den luft som tillförs förbränningen en mycket stor inverkan på det resulterande avgasmassflödet.

- 15 Avgasmassflödet kan skilja 40% eller mer mellan olika omgivningsförhållanden, där regenerering kan ske vid godtyckligt omgivningsförhållande.

- Således är det inte sannolikt att de motorstyrningsparametrar som rådde vid bestämning av optimalt avgasmassflöde för
20 oxidationskatalysatorn även resulterar i optimalt avgasmassflöde vid de omgivningsförhållanden som råder när regenerering faktiskt utförs.

- Enligt föreliggande uppfinning bestäms därför i steg 503 en representation av rådande lufttemperatur och rådande
25 lufttryck, varvid förfarandet fortsätter till steg 504, där tillämpliga motorstyrningsparametrar bestäms utifrån önskat avgasmassflöde och rådande temperatur och tryck.

Representationen av luftens tryck och temperatur kan t.ex. bestämmas med hjälp av sensorer för avkänning av temperatur

och tryck i fordonets omgivning. Alternativt kan representationen av luftens tryck och temperatur t.ex. bestämmas med hjälp av sensorer som mäter temperatur och tryck vid eller uppströms förbränningsmotorernas luftintag. T.ex. kan
5 representation av temperatur och tryck för den till förbränningen tillförda luften bestämmas med hjälp av sensorer anordnade uppströms turboaggregat eller annat överladdningsaggregat för trycksättning av den luft som tillförs förbränningen.

10 Enligt föreliggande uppfinning styrs därför förbränningsmotorn med lufttryck och temperatur som inparametrar. I en utföringsform används en algoritm för att utifrån det på förhand bestämda avgasmassflödet vid då rådande lufttryck och temperatur beräkna lämpliga parametrar för att erhålla
15 motsvarande avgasmassflöde vid det lufttryck och den temperatur som bestämts i steg 503.

I en utföringsform kan motorstyrningsdata lagras för en mängd olika lufttryck och/eller temperaturer, varvid fordonets styrsystem med hjälp av t.ex. tabelluppslagning kan bestämma
20 lämpliga motorstyrningsparametrar för att önskat avgasmassflöde ska erhållas vid regenerering.

Det vid konstanta temperatur- och tryckförhållanden avgivna avgasmassflödet beror av varvtalet, varvid åtminstone i det fall insprutningsvinklar etc. är desamma, reglering av
25 avgasmassflödet kan ske genom att variera förbränningsmotorernas varvtal i beroende av rådande tryck och temperatur.

Förfarandet fortsätter sedan till steg 505 där förbränningsmotorernas varvtal styrs enligt det i steg 504 bestämda värdet så att regenerering utförs med önskad
30 hastighet. Varvtalet kan t.ex. bestämmas med hjälp av en relation mellan varvtal och flöde som beskriver hur flödet ändras med varvtalet. Denna representation kan t.ex. vara i

tabellform eller i form av ett matematiskt uttryck. Samtidigt som förfarandet övergår till steg 505 startas en timer t .

Föreliggande uppfinning medför således att regenerering kan utföras med samma resultat oberoende av omgivningsförhållande.

5 Dvs. genom att styra avgasmassflödet kan det säkerställas att regenerering tar lika lång tid oberoende av omgivningens tryck och/eller temperatur. Således kan det också vid regenerering säkerställas att regenerering faktiskt sker i önskad utsträckning. När timern t nått en tid T , vid vilken
10 regenereringen anses vara avslutad, avslutas regenereringen i steg 506.

Aktuellt avgasmassflöde kan även bestämmas med hjälp av en luftmassgivare för bestämning av luftflödet varvid detta flöde adderas med bränsleflödet ($\text{avgasmassflöde} = \text{luftflöde} +$
15 bränsleflöde), där bränsleflödet kan beräknas med kännedom om den bränslemängd som insprutas vid förbränning. Bestämning av luftflöde kan även ske t.ex. med hjälp av en modell baserad på t.ex. laddtryck, laddtemperatur, varvtal på känt sätt. Detta bestämda flöde kan sedan användas vid styrning av
20 förbränningsmotorn för att uppnå önskat avgasmassflöde.

I vissa fall kan det även vara önskvärt att styra avgasmassflödet mot ett flöde där en jämfört med maximal regenereringshastighet lägre regenereringshastighet erhålls.

Insprutning av oförbränt bränsle kan ske oberoende av det
25 bränsle som tillförs för den faktiska förbränningen. Dock kommer avgasmassflödet att bero av mängden luft som tillförs förbränningen, varför styrning av den faktiska förbränningen är begränsad till styrning mot driftspunkter där önskat flöde kan avges. Det kan dock vara möjligt att med hjälp av
30 insprutningstidpunkter (-vinklar) påverka mängden kväveoxider som avges vid förbränningen. I en utföringsform styrs därför förbränningsmotorns förbränning på ett sådant sätt att en så

hög andel kväveoxider som möjligt avges samtidigt som önskat flöde upprätthålls. Allmänt gäller enligt känd teknik att avgivande av en högre andel kväveoxider innebär att förbränningsmotorn styrs mot en högre verkningsgrad.

- 5 Det vid regenereringen mest fördelaktiga flödet kan t.ex. även bero på den mängd oförbränt bränsle som tillförs avgasströmmen, varför i en utföringsform olika börvärden används beroende på den bränslemängd som tillförs avgasströmmen. Börvärdet kan därmed vara anordnat att variera
- 10 under pågående regenerering.

- Vidare har föreliggande uppfinning ovan exemplifierats i anknytning till fordon. Uppfinningen är dock även tillämplig vid godtyckliga farkoster där avgasreningssystem enligt ovan är tillämpliga, såsom t.ex. vatten- eller luftfarkoster med
- 15 förbrännings-/regenereringsprocesser enligt ovan. I det fall föreliggande uppfinning implementeras i andra typer av farkoster än fordon kan vissa av de exemplifierade förfarandestegen utgå, såsom t.ex. bestämning av en fordonshastighet.