

It - gammelt dansk ord for *Oxygen*.

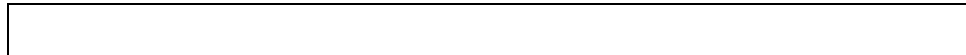
Ibiden er en 1000 mand stor Japansk virksomhed med interesser primært i elektronik industrien, der har haft stor succes med udvikling, produktion og salg af Silicium Carbid WFF til især Peugeot personbiler i Frankrig. Konceptet adskiller sig fra stort set alle andre keramiske WFF monolither ved at være sammenbygget af "små" firkantede blokke 38x38 mm i tværsnit. Den energiske markedsføring, et (70/30) joint venture i år 2001 med Saint-Gobain i Frankrig, samt Peugeot's succes, har vendt den internationale stemning fra værende negativ til rimelig positiv for diesel partikel filtre.

IDI er en forkortelse for Ind-Direkte-Indsprøjtning og dækker to Diesel-motor koncepter; *hvirvelkammer* og *forkammer*. IDI motore er generelt ufølsomme overfor variationer i drivmiddel sammensætningen.

IMO - International Maritime Organisation - Emissionsniveauet fra *marinemotorer* til propulsion forventes reguleret af IMO (International Maritime Organisation) i år 2000. I Danmark er det Søfartsstyrelsen, der administrerer IMO, der hører ind under FN. NO_x niveauet er afhængigt af maksimal effekt og omdrejningstal, men forventes for Low-speed motorer at lande på 17 g/kW/t. SO_x forventes reguleret gennem indholdet af Svovl i brændstoffet afhængig af område med maksimalt 5% i visse områder og 1,5% på resten af kloden. For High-speed motorer til f.eks. Generatordrift ved 1500-1800 o/m forventes NO_x niveauet at lande på 10 g/kW/t. CARB har foreslået endnu strengere krav i farvandet tæt på Californien....

.....

IMPCO Inc. er verdens største producent af LPG karburatorer og anden styring til gas-drevne gnisttændingsmotorer i størrelser fra 20 til 5.000 HK.



Gas-karburator industrien fik et betydeligt løft i 80'erne, da Lambda sensoren blev kommercielt tilgængelig. Samtidigt fik brændstof forbruget et gok nedad. Op til 15% bedre gas økonomi blev resultatet af den meget nøjagtige styring for luft/gas blandingen præcis i Lambda-vinduet, hvor en 3-vejs katalysator kan reducere det totale emissionsbillede betydeligt. For at opnå dette må en relativt simpel PID regulator/styring være i stand til at styre dynamisk på blandingsforholdet bestemt af input fra, i disse tilfælde alene, Lambda sensoren. Styringen udsender et pulserende signal, der regulerer på en nåle-ventil, der modulerer trykket i fordampers andet trin. Systemet er afhængig af den originale IMPCO fordampers/regulator til at bringe det flydende LPG over i gas-fase, uden at karburatoren fryser totalt til med is. Den Europæriske IMPCO distributør er Media i Holland. I Danmark forhandles produkterne af BP Gas på tlf: 89487700.

Indbygningsstørrelser for katalysatorer

.....

.....

..... For partikelfiltrerer sammenligning mellem cartridge, wff, hug ??

Indendørs kørsel med lastbiler for på/af læsning i haller volder altid store emissions problemer. Rumventilation skaber træk og store varmeudgifter med det formål at fortynde problemet. *Punktudsugning* eller transportable katalysatorer er løsningen der fjerner problemet ved kilden.

Der er set anvendt modificerede luftfiltre med en læder tilslutningstragt for montering direkte på afgangsrøret. Der reklameres med holdbarhed mere end 30 opstarter og en partikel separation på >98% og de dermed vedhæftede HC forbindelser. Vægten for et system ligger på omkring 5 kilo. FIGUR

Gennem en årrække er *Unitox* systemet fra Unikat AB solgt i mere end 1.000 eksemplarer for løsning af emissions problemer ved kilden på køretøjer der ikke kunne tilsluttes et udsugningsanlæg. Unitox er dog begrænset af den akkumulerede energi i systemet der begrænser brugstiden for Diesel-motorer til ~5 minutter.

Forfatteren udviklede i starten af 90'erne et system kaldet Stobbe-Delta der gennem kombination af et partikelfilter og oliefyr gav maksimale frihedsgrader under indendørs kørsel. Anlægget der vejede ~10 kg monteres under ladet på lastbiler og med lynkoblinger tilsluttes køretøjets luft, olie, strøm og en trykluft aktiveret gummimuffe til udstødningsgasrøret. Den relativt kølige udstødnings på ~ 100°C opvarmes af et 20 kW oliefyr i Delta til ~ 400°C for at ledes gennem en WFF monolith coated med faststof-katalysator på indgangssiden og en oxidations-katalysator på udgangssiden. Systemet kunne tilbyde >95% partikel separation samt > 98% Co og 90% HC konvertering.

FIGUR

Indendørskørsel med Otto-motor drevne maskiner for Benzindrift kræver stor opmærksomhed da ikke helt nye konstruktioner arbejder med karburator, uden katalysator. Se ismaskine.

Indpakning af monolither - At placere et temmeligt sart stykke keramik under en bil, hvor det udsættes for vibrationer, trykpulsationer og termisk last, er ganske enkelt helt vildt. Her har en anden amerikansk gigant 3M sat sig tungt på markedet med et af de bedste produkter til denne opgave. Indpakning af keramik til emissionsbegrænsning kræver omtanke, idet indpakningen hverken må være for hård eller for løs. Hvis indpakningen er for hård, risikerer man, at keramikken trækkes over på grund af de termiske spændinger. Hvis indpakningen er for løs, er holdbarheden af systemet begrænset, da monolithen teleskoperer. 3M producerer under flere gode patentbeskyttelser produktet *Interam*®, en ekspanderende keramisk fibermatte baseret på mineralet Vermiculite.

Måtten er 3-6 mm tyk og placeres omkring honeycombsubstratet i den lydpuddelignende metalbeholder, som indgår i udstødningsanlægget. Den interessante egenskab ved måtten er, at den udvider sig under opvarmning. Herved presses keramikken "forsigtigt" fast inden i bøtten. FIGUR

Som alternativ til den ekspanderende Interam® måtte kan anvendes "needle punched" måtter (nålefilt) af Alumina keramiske fibre fra ICI (Imperial Chemical Industries) dog uden den ekspanderende effekt. Endvidere kan strikkede metal-strømper (wire-mesh) anvendes til at holde på keramikken. Her kan det være vanskeligt at opnå gastæt forsejling. FIGUR

NoTox Corporation har udviklet konceptet NewPack®, et system af indpaknings-materialer til erstatning for de af 3M udviklede Interam® måtter, med lignende ekspanderende egenskaber for mere kosteffektiv anvendelse.

Indsprøjtning af brændstof foretages på Diesel-motoren under højt tryk (80-2.000 Bar) i slutningen af kompressionslaget. På mekaniske anlæg kontrolleres indsprøjtningen af en brændstofpumpe, som indreguleres af krav til belastning og omdrejningstal til at trykke en afmålt mængde brændstof gennem en dyse til forbrændingskammeret.

Indsprøjtningstidspunkt på en Diesel-motor har ganske stor effekt på emissionsbilledet hvorfor der kræves stor ekspertise når motorerne serviceres eller renoveres. FIGUR

Indsprøjtningstidspunkt forsinkelse på en Diesel-motor vil i fremtiden være en udvej for at bringe NO_x emission ned under 5-7 g/kW/t grænsen. en

..... konsekvensen på en moderne motor vil være 2-3% dårlige brændstoføkonomi.

.....

..... FIGUR af Tradeoff

Indsprøjtningstrykket for Diesel-motorer er stærkt stigende i disse år. På konventionelle stempelpumpesystemer med centralt placeret Pumpe er det maksimale tryk til dels bestemt af længden af de stålrør, der skal overføre tryk og flow til de mekaniske dyser. Trykket ligger omkring 2-600 Bar. Rørene fjedrer, udvider sig ganske enkelt og forringer derved præcisionen. Udviklingen går mod pumper, der leverer tryk op til 2000 Bar. Fordelene er entydigt en væsentlig forbedring i forstøvning af brændstoffet, der forbedrer forbrændingen og dermed reducerer emissionerne. FIGUR med 100 bar som start

Ved indbygning af disse nye motorer med højt indsprøjtningstryk bør man være opmærksom på, at der kan opstå problemer med overhedning af brændstof i for små tanke grundet afsættelse af energi i brændstofpumpen der siden recirculeres til tanken.

Retro-fit af udstyr kan i nogle tilfælde øge trykket fra normalt 2-300 til 6-800 Bar. Herved kan nogen partikel emission typisk opnås.

Det væsentligste problem med øget indsprøjtningstryk kan meget vel vise sig at være et skift fra emission af relativt store partikler til små partikler. Den totale partikel masse reduceres men balancen mellem mikro og nano størrelse forrykkes stærkt mod de små. Dette alvorlige problem holder interessen for partikel filter teknologi i live. Se

Indsprøjtningsteknik for Diesel-motorer er domineret af *direkte indsprøjtning, DI* af dieselolien lige over eller på stemplet hulhed. De to andre anvendte teknikker er *forkammer* og *hvirvelkammer*.

Ved at udforme stort set hele forbrændingskammeret i stemplet opstår der store strømningshastigheder omkring topdødpunktet fordi kompressionsluften drives ud fra området mellem topstykket og den flade del af stemplekronen og ned i stemplehulheden. Ved kompressionen af den atmosfæriske luft øges dennes temperatur til over 600°C. Dysen har primært opgaver; dels at forstøve brændstoffet til en passende dråbestørrelse, og dels til at skabe en passende fordeling i den glødende gas. Opdeling af det flydende brændstof til en sky af fine dråber er muligt. Derimod er det overordentligt vanskeligt at sikre en 100% homogen fordeling af brændstof dråberne i hele forbrændingskammeret. Som følge af denne ujævne fordeling er temperaturfordelingen også ujævn. I de områder hvor dråbe koncentrationen er stor, vil temperaturen være lav fordi energien til opvarmning og fordampning af dråberne skal leveres af den varme gas. Dette medfører at temperaturen i sprayens indre er relativt lav, hvorfor de dråber der bevæger sig i dette område opvarmes lagnsommere end dråber, der bevæger sig i sprayens periferi. Forholdene i brændstof-sprayen har betydning for selve tændingsprocessen, forbrændingen og emissions udslippet. Temperatur- og massefordelingen medfører, at tændingen ikke sker inde i midten af sprayen (fordi der er for koldt) men derimod i sprayens overladelag. Hvor dråbetætheden er væsentlig lavere og temperaturen derfor højere. For selve forbrændingen betyder den ujævne fordeling i brændstof sprayen at en stor del af brændstofdråberne befinder sig i et område med luftmangel. Dett er af væsentlig betydning for røgdannelsen, idet de reaktionsvillige brændstofmolekyler krakker ned og danner sodpartikler, ved den høje temperatur under processen, når der ikke findes tilstrækkelig med Oxygen atomer i nærheden. Det er da også på dette område der forskes for at opnå forbedringer.

Industri-Diesel-motorer med effekter mellem 75 og 1.000 kW produceres af blandt andre: Caterpillar, Volvo, John Deere, International, Mercedes-Benz, Perkins, MAN, Mitsubishi, Gardner, Tatra, Cummins, Detroit Diesel, Hino, Waukesha, Iveco, MTU, Valmet, Nissan, TMW, DAF, DMS, Navistar, Mack, Steyr og Raba med flere.

Industri-Otto-motorer i effektklassen 100-200 kW med gnisttænding for LPG og CNG drift er stort set alle konverterede Diesel-motorer og leveres af General Motors, Arrow, MAN, CAT, Volvo, Scania, DAF, Cummins, Deere, Perkins, m.fl. Udbudet af motorer væsentligt større end 500 kW er meget begrænset og er fra bl.a. Frichs, Caterpillar, Jenbacher og Waukesha.

Industri-Otto-motorer i effektklassen fra 20-100 kW for Benzin, LPG og CNG drift stammer fra en automobilproduktion og findes i et ret begrænset i udbud. De leveres hovedsageligt af General Motors, Peugeot, Ford, og VW. En del mindre leverandører kan i USA levere en stor variation af Otto-motorer for Benzin, LPG og CNG drift i pænt store effekter baseret på big-block automobilmotorer fra Ford og GM. BILLED nr. ?? HOT ROD
Den samlede industri Otto-motor produktion world wide var i området af 3 millioner i 1995. For automobilmarkedet var den langt over 5 gange større.

IndyCar race foregår på en oval bane og indtil 500 miles distance. Kun Methanol er tilladt som brændstof med tilsætning af additiver kun til begrænsning af blandt andet korrosion. Methanol er nøglen til den generelt meget høje effekt i området 520-650 kW/14.000 o/m. Den maksimale drivmiddel kapacitet på køretøjet er sat til 40 US Gallon = Typisk økonomi er ~0,75 km/liter ved hastigheder op til 375 km/t. De højt specialiserede motorer er fra 1996 (stærkt forkortet tekst) begrænset til maksimalt: begrænset turboladning, ingen ladeluftkøler, tvungen fire-takt, tvungen OHC, <2.650 cm³, <8 cylindre, tvungen runde stempler, tvungen tør-sump smøring.
BILLED af motor - Billed-tekst

Installation af diverse udstyr - se montering.

Institut for Energiteknik - ET, *Danmarks Tekniske Universitet* - DTU, tidligere kendt som Laboratoriet for Energiteknik, LfE har som undervisnings- og forskningsorgan stor ekspertise og en fin udstyrspark til rådighed indenfor måling på emissioner fra forbrændingsmotorer. En væsentlig drivende kraft specielt på området motoremissioner er Docent Spencer C. Sorenson, der gennem..... .. Se måleudstyr.

Institut for Mineralindustri blev 1/4 -1996 lagt ind under instituttet Kemi Teknik på *Danmarks Tekniske Universitet*. Ved instituttet undervises og forskes der inden for området uorganisk ikke-metalisk materialevidenskab. Der ydes desuden rådgivning og problemløsning for industrien. En væsentlig drivende kraft på området porøs keramik, materiale teknologi og i forbindelse med forsknings projektet omkring Stobbe Engineering var lektor Jakob Weiland Høj.

Interface er det flexible materiale der ved *montering af katalysator* monolither, som: 1. *Interam*, 2. strikket metalnet fra Catalytic Support Systems Ltd. eller tilsvarende, 3. de helt rene Alumina fibre fra ICI i England der udfylder hulrummet mellem en keramisk monolith og passende metal beholdere.

Internal Combustion Engines - er f.eks. Diesel og Otto-motoren i modsætning til *damp-motoren* og *Stirling* motoren der er *External Combustion Engines*. For Internal Combustion Engines er forbrændingsproduktet også arbejdsmediet. De benytter sig af pulserende flammer inden i selve arbejds cylindren, pulserne er selve problemet omkring denne konstruktions betydelige emission. External Combustion Engines benytter sig af en konstant brændende flamme udenfor arbejds cylindren. Der er så at sige "en væg", mellem arbejdsmediet, i dette tilfælde damp, og selve forbrændingsprocessen, som energien skal passerer.

Interam® er varemærket for et af 3M produceret fibrøst keramisk interface til *indpakning af monolither* i den metal container det hele er indpakket. 3M har noget lignende et monopol på dette produkt bestem af en del gode patenter. Interam måtten fremstilles ved ansugning på en vacuum dreven filterfalde af en væske bårn opslemning af Alumina / Silika fibre, ~50% Vermiculite, keramisk fyldstof og en organisk binder. Fremstilles i vægklasser per m² som f.eks 2.100 g/m² ca. 3,5 mm tykt til katalysator monolither og type XD på 4.600 g/m² ca. 6,5 mm tykt til indpakning af keramiske filter monolither.

Den interessante egenskab ved måtten er, at den på grund af Vermiculite indholdet udvider sig under opvarmning. Herved presses keramikken "forsigtigt" fast inden i bøtten. Vermiculite er et i åbne miner naturligt forekommende lamineret mineral der ved opvarmning til over 400°C frigør kemisk bundet vand hvorved der svulmer op til mere end dobbelt størrelse.

Inteco AG er en i Schweiz beliggende lille *system producent* med 7 medarbejdere for metalfoliekatalysatorer til Diesel-motorer og gnisttændingsmotorer sat op for naturgas eller biogas drift. Som eksempel kan nævnes et katalysatoranlæg på en Perkins V12 på 800 kW i en Schweisisk by, hvor alt husholdningsaffald deponeres og behandles centralt. Firmaet er en udløber af firma Panolin AG med 30 medarbejdere, der blander og leverer special smøreløser.

1996 gik Inteco på det midt-europæiske marked med *NoTox* monolither og *regenerering med additiv* fra Pluto Chemicals.

Intercooler er et smart engelsk udtryk vi på dansk oversætter til *ladeluftkøler*.

Is-maskiner benyttes mange gange dagligt til vedligeholdelse af de 1.800 m³ og ~50 mm is på et typisk is-stadion. BILLED-tekst - Den viste maskine bygget 1990 i Frankrig er udrustet med en VW 1,6 liter 4 cyl række u-reguleret karburator Otto-motor (43 kW/3.000 o/m). Grundet den høje alder på 3.850 timer med forhøjet emissionsudslip blev maskinen 1996 af forfatteren udrustet med en i over størrelse 2-vejs oxidations katalysator (Engelhard 6 DVC).

Køretøjet havde desuden en fejl på karburatoren hvor Benzin i stilstand rendte ud af svømmerhuset og ned i manifolden. *Fordampnings emissioner* og især opstarts emission var ganske voldsom. Der blev målt >10% CO

under de første 3 minutter ved opstart og >5% CO under drift der gav ~65 ppm CO i selve stadionhallen og derfor ganske betydelige lugtgener.

En væsentligt årsag til problemet skal ses i maskinens driftstimer på 3.850 der svare til >200.000 km monteret i et automobil. Da motoren stammer fra standard Otto-motor produktionslinien er den beregnede levetid ~150.000 km monteret i et automobil. Som "industrimotor" lever motoren typisk med større gennemsnitlig last og dermed kortere levetid. Typisk tortur levetidstest for Otto-motorer ved maksimale omdrejninger og last er da også kun 200-300 driftstimer! Især karburator er derfor ved at være udtjent når driftstimer tallet passerer de 3-4.000, andre motorkomponenter kan typisk holde noget længere.

Simpel fejlsøgning på motoren med udskiftning af i dette tilfælde svømmerventil, svømmer og justering af choker var starten på løsning af problemet. Efterfølgende montering af en vel-dimensioneret to-vejs katalysator for industri Otto-motor med den vigtige venturi, reducerede yderligere emissions udslippet. Modtrykket motoren kom til at arbejde under med Ø44 mm venturi blev relativt højt, 40 kPa ved fuld last for ind sugning af 12 m³/t extra forbrændingsluft til katalysatoren. Udstødningsgas temperaturen målt 300 mm efter manifold er kun 525°C selvom det tyndvæggede rør typisk lyser svagt rødt.

Emissionsudslip på VW motor	kW/o/m	CO %	HC ppm	CO %	HC ppm
Tomgang	2/1.000	2,8	95	0 efter kat	0 efter kat
Belastning	15/2.000	2,2	100	0 efter kat	0 efter kat

Da maskinen er med ren hydrostatisk drift kan der lægges last på motoren under stationære forhold. Der blev til emissionstest benyttet et Bosch standard motortester ved driftsvarm motor. Virkningsgraden for katalysatoren er så fin at udslippet nu ligger under detektionsgrænsen for Bosch instrumentet. Efter montering af venturi/katalysator forværredes motorens generelt høje kølevands temperatur, der nu nåede 105°C. Årsagen viste sig at være fra fabrikket forkert monteret køleventilatorer hvor flow retning var imod kørselsretningen. Ændring reducerede kølevands temperatur til 85°C.

BILLED-tekst - Den velkendte udrustet med 1200 cm³ luftkølet VW bokser Otto-motor brugt på de fleste af landets 14 isstadion. Maskinen fra 1987 på Odense Skøjtehal havde ... driftstimer på bagen hvorfor selv den meget simple Solex karburator er slidt ned. Den efter-monterede 2-vejs katalysator begik selvmord ved at forsøge at efterforbrænde den stigende mængde CO og HC i udstødningsgassen. Når katalysatoren smelter ned stiger CO udslippet fra køretøjet derved brat indtil overskridelse af HGV. Til kamp den 9. Marts 1997 nåedes niveauer i områder 150 ?? ppm CO.

Isolering af udstødningsanlæg for at reducere afkøling af gassen mellem motor og katalysator og især partikelfilter er af overordentlig stor betydning. Undtager her er CRT, se desuden under Svovl konvertering. Som tommelfinger regel vil den første meter manifold og udstødningsrør afkøle gassen med >100°C og den følgende meter med 75°C i et motorrum, hvor køleventilatoren forårsager blæst.

På Diesel-motorer går det rimeligt med glasfiber isolering, der tåler max. 550°C, eller SiO₂ (silica) baseret fiberisolering der tåler 1000°C. Begge produkter fås i et utal af variationer som vævede bændler, snor, klæde og måtter. FIGUR nr. ?? For rør er flere lag bændel med bredde 50 mm, eller 2-3 lag Ø65 mm strømppe at anbefale. Otto-motorer der arbejder med 2-300°C højere gas temperatur behøver minimum Nextel fiberbændel eller strømppe fra 3M, der tåler 1200°C. Produkterne fås fra Scanacid eller Burcharth & Søn. FIGUR -HT om betydning nr. ?? Det er meget vigtigt, at fiber isolering beskyttes mod mekanisk slid og rengøring af mekanisk art, f.eks. med højtryksrensere. Vejrliget er også et problem. Nogle klæder fås med 0,05-0,1 mm tykt aluminiumfolie påklæbet, der som yderste lag kan beskytte ret godt. Den rå isolering kan eventuelt dækkes af med mekanisk relativt stærke ventilationsslanger af aluminium som vist på billedet af MB OM 616 motor, hvor yderligere et 0,7 mm stål skjold holder og beskytter en 2 cm tyk glasfiberbånd isolering omkring selve manifolden. Den 80 mm slangen klippes op på langs, strækkes og fæstnes med almindelige spændebånd 70-90 mm. BILLED nr. ??

Stråleskjold uden fiber isolering, der sikrer 5-10 mm stillestående luft omkring manifold og turbolader, kan også anbefales. Special syede "frakker" med 1-3 cm tyk silica isolering, udvendig mekanisk beskyttelse med alufolie belagt klæde og "lynåb" til den specifikke motor fremstilles i små serier af Tighitco i USA til visse motortyper for rimelige penge. BILLED nr. ??

For større serier fås meget lækre preformede dobbelte rustfrit stålfolie kapsler med 0,5-1 cm Al₂O₃ fiber isolering fra ... i UK. BILLED nr. ??

Det er meget vigtigt at benytte rustfri rør (kun TIG svejsning med baggas!!), da isoleringen ofte holder på regnvand, og derfor meget hurtigt rustet almindelige stålør igennem. FIGUR

IVECO - . Som ses udbredt ..
 Producerer køretøjer

Rom, Italien tog luftforureningsproblemerne alvorligt og inviterede til forsøg med forskellige leverandøres produkter. Unikat leverede derfor i 1994-95 ikke mindre end 1.100 standard U-170 pille-katalysatorer til busser med 6 cyl. IVECO type 8220-12 9,6 liter NA motorer på 150 kW. Katalysatoren viste sig ved tests i Napoli sidst i 1995 at reducere TPM (Total Particulate Matter bestående af detekterbare HC'er (SOF) og partikler) med indtil 40%. I det samme projekt blev der testet FIAT coatede fiber sod filtre og ECS metalfolie katalysatorer efter 80.000 km drift. Sammenligningen faldt klart ud til pille-katalysatorens fordel. Der forekom en minimal forringelse af virkningsgraden. BILLED

Den på billedet viste IVECO Green city bus er een ud af 100 busser udrustet med partikelfilter baseret på

regenerering med oliefyr fremstillet af det italienske firma Ansa Jarmite. Ligner øvrigt til forveksling systemer fra Zeuna St ker og ligger prismæssigt i området 10% af køretøjets kostpris.
Daily 35.10 er den mest populære Iveco varebil i Danmark der er udrustet med en 4 cyl 2,5 liter motor type 8140.23.

Emission - g/kW/t	forbrug	kW/o/m	CO	HC	NOx	TPM
8140.23	228	76/3.600	0,85	0,4	6,75	0,235
8460.41K - mekanisk		254/2.200	0,6	0,12	5,74	0,116
8460.41N - EDC motor		276/2.100	0,6	0,06	5,57	0,094

En populær Iveco lastbil i Danmark er model E38 der leveres med den snenste EDC motor. Dansk Import r tlf: 32525200.