

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4426841号
(P4426841)

(45) 発行日 平成22年3月3日 (2010.3.3)

(24) 登録日 平成21年12月18日 (2009.12.18)

(51) Int. Cl. F I
FO1N 3/00 (2006.01) FO1N 3/00 G
F23D 11/10 (2006.01) F23D 11/10 A

請求項の数 28 (全 49 頁)

(21) 出願番号 特願2003-519310 (P2003-519310)
(86) (22) 出願日 平成14年8月6日 (2002.8.6)
(65) 公表番号 特表2005-523396 (P2005-523396A)
(43) 公表日 平成17年8月4日 (2005.8.4)
(86) 国際出願番号 PCT/US2002/024937
(87) 国際公開番号 W02003/014620
(87) 国際公開日 平成15年2月20日 (2003.2.20)
審査請求日 平成17年8月5日 (2005.8.5)
(31) 優先権主張番号 60/310,345
(32) 優先日 平成13年8月6日 (2001.8.6)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500116694
サウスウェスト リサーチ インスティテ
ュート
アメリカ合衆国 テキサス州 78238
サン アントニオ クレブラ ロード
6220
(74) 代理人 100082005
弁理士 熊倉 禎男
(74) 代理人 100067013
弁理士 大塚 文昭
(74) 代理人 100065189
弁理士 穴戸 嘉一
(74) 代理人 100082821
弁理士 村社 厚夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 触媒コンバータの耐久性を試験する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関により生じる排気ガスをシミュレートする排気ガスを生成し、排気制御装置へ排気ガスを送出するバーナベースのシステムであって、

ある空燃比の空気と燃料を受け、該燃料を燃焼させ、シミュレートされたエンジン排気ガスを生成する少なくとも1のバーナを有するバーナシステムと、

前記バーナから前記排気制御装置に排気ガスを搬送するための排気ラインと、

前記バーナ下流で排気ガスを冷却する熱交換器と、

前記バーナに加圧空気流を送るブロワと、

多くのエンジンサイクルをシミュレートすることが可能なコンピュータ化された制御システムと、を備え、

前記バーナがスワールプレートの燃料噴射ボアを介して燃焼管に燃料スプレを注入する燃料噴射器を備え、前記スワールプレートが、外側乱流ジェットと、内側スワールジェットと、内側乱流ジェットとを有し、前記内側乱流ジェットが前記燃料噴射器の正面で収束するエアシュラウドを作動的に構成し、前記外側乱流ジェットが収束するように作用し、前記外側乱流ジェットの角度が、バーナ火炎が燃焼管の内壁に接触しないように構成されている、

ことを特徴とするシステム。

【請求項 2】

液体物質を前記排気ラインに噴射するための液体インジェクタをさらに備えている、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記追加的な酸素を前記排気ラインに供給するための第 2 の空気インジェクタをさらに備えている、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記内側スワールジェットは、前記燃焼管内にスワール経路を形成するように傾斜し、これにより前記燃焼管内で再循環するガスを形成する、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記内側乱流ジェットは、前記再循環ガスが前記燃料噴射器のノズルに接触するのを前記エアシュラウドが阻止するように、前記燃焼管の長手方向中央に向かって傾斜している、

請求項 4 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記外側乱流ジェットは、火炎が前記燃焼管の内壁に接触するのを最少にするように、前記燃焼管の長手方向中央に向かって傾斜している、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記システムは、約 8 : 1 から約 25 : 1 の空燃比で安定作動を維持するように作動可能である、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

作動モードは、少なくとも定常状態理論空燃比モード及びリッチモードを含む、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

作動モードは、少なくとも定常状態理論空燃比モード及びリーンモードを含む、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 10】

作動モードは、少なくとも定常状態理論空燃比モード及び低温始動モードを含む、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記制御システムのためのユーザインターフェースをさらに備え、

前記ユーザインターフェースは前記バーナシステムを表示スクリーンに画像表示する、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記バーナにリッチ空燃比を与え、且つ、追加的な酸素を前記排気制御装置の直前上流で前記排気ラインに供給することにより達成されるサーマルエクスカージョンが、950 までの排気ガスを供給することにより実行される、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記バーナにリッチ空燃比を与え、且つ、追加的な酸素を排気制御装置のすぐ上流側で前記排気ラインに供給することにより行われるサーマルエクスカージョンが行われ、

前記追加的な酸素は、追加的な空気の形式で供給される、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記バーナにリッチ空燃比を与え、且つ、追加的な酸素を排気制御装置のすぐ上流側で前記排気ラインに供給することにより行われるサーマルエクスカージョンが行われ、

前記サーマルエクスカージョンモードは、約 3 % の所定の排気ガス—酸化炭素成分を生じる、

10

20

30

40

50

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 5】

前記バーナにリッチ空燃比を与え、且つ、追加的な酸素を排気制御装置のすぐ上流側で前記排気ラインに供給することにより行われるサーマルエクスカッションが行われ、

前記サーマルエクスカッションモードは約 3 % の所定の排気ガス酸素成分を生じる、
請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 6】

内燃機関の排気ラインの排気制御装置のエージングをシミュレートするための方法であって、

ある空燃比の空気と燃料を受け且つ燃料供給流を燃焼させシミュレートされたエンジン排気ガスを生成する少なくとも 1 つのバーナと、排気ガスを前記バーナから前記排気制御装置に搬送するための排気ラインと、前記バーナ下流の排気ガスを冷却するための熱交換器と、前記バーナに加圧空気流を提供するブロワとを有するバーナシステムを提供する工程と、

前記熱交換器下流の前記排気ラインに前記排気制御装置を配置する工程と、

コンピュータ化された制御システムを使用して、連続したエンジン作動モードをシミュレートする工程と、を備え、

少なくとも 1 つのモードが、バーナにリッチ空燃比を与え、且つ、追加的な酸素を前記排気制御装置の直前上流で前記排気ラインに供給することにより達成されるサーマルエクスカッションモードであり、

前記バーナがスワールプレートの燃料噴射ボアを介して燃焼管に燃料スプレを注入する燃料噴射器を備え、前記スワールプレートが、外側乱流ジェットと、内側スワールジェットと、内側乱流ジェットとを有し、前記内側乱流ジェットが前記燃料噴射器の正面で収束するエアシュラウドを作動的に構成し、前記外側乱流ジェットが収束するように作用し、前記外側乱流ジェットの角度が、バーナ火炎が燃焼管の内壁に接触しないように構成されている、

ことを特徴とする方法。

【請求項 1 7】

前記システムは、約 8 : 1 から約 25 : 1 の空燃比で安定作動を維持するように作動可能である、

請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記バーナシステムは、前記バーナの下流且つ前記排気制御装置の上流で前記排気ラインに物質を噴射するためのインジェクタをさらに有する、

請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記インジェクタは、燐を噴射する、

請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記インジェクタは、前記排気ラインに霧化スプレを供給する、

請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記作動モードは、少なくとも定常状態理論空燃比モード及びリッチモードをさらに含む、

請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記作動モードは、少なくとも定常状態理論空燃比モード及びリーンモードをさらに含む、

請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記作動モードは、少なくとも定常状態理論空燃比モード及び低温始動モードをさらに含む、

請求項 16 に記載の方法。

【請求項 24】

前記制御システムは、ユーザインターフェースをさらに備え、

前記ユーザインターフェースは前記バーナシステムを表示スクリーンに画像表示する、

請求項 16 に記載の方法。

【請求項 25】

前記サーマルエクスカッションは、950 までの排気ガスを供給することにより実行される、

10

請求項 16 に記載の方法。

【請求項 26】

前記追加的な酸素は、追加的な空気の形式で供給される、

請求項 16 に記載の方法。

【請求項 27】

前記サーマルエクスカッションモードは、約 3 % の所定の排気ガス一酸化炭素成分を生じる、

請求項 16 に記載の方法。

【請求項 28】

前記サーマルエクスカッションモードは、約 3 % の所定の排気ガス酸素成分を生じる、

20

請求項 16 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

優先権データ

本願は、2001年8月6日に出願された米国仮特許出願第60/310,345号明細書に基づく優先権主張出願であり、この米国仮特許出願の開示内容を本明細書の一部を形成するものとしてここに引用する。

【0002】

本発明は、概略的には、長時間の運転条件にわたり自動車に生じる条件をシミュレートする条件下で自動車用触媒コンバータの性能を試験する装置及び方法に関する。

30

【背景技術】

【0003】

自動車用触媒コンバータは、排気マニホールドとマフラーとの間で自動車の排気系統に組み込むことができる排出ガス制御装置である。触媒コンバータは、1以上の触媒、例えば、プラチナ、パラジウム又はロジウムを利用した触媒を収容しており、これら触媒は、排出ガス中の炭化水素(HC)、一酸化炭素(CO)及び窒素酸化物(NO_x)を減少させ、それにより、もしそうしなかったとすれば自動車から大気中に放出されることになるこれら汚染物質の量を減少させる。典型的な商用触媒コンバータでは、排ガス中のHC及びCOは、酸化されて二酸化炭素(CO_2)及び水を生じさせ、 NO_x は、還元されて窒素、二酸化炭素及び水を生じさせる。

40

【0004】

最近の規制導入の結果として、触媒コンバータを含む自動車用排出ガス制御装置は、今や長い有効寿命を有することが必要とされている。例えば、米国環境保護省(EPA)は、1996年の40C.F.R.86.094-2において自動車用排出ガス制御要素が機能しなければならない走行距離(マイル数)を50,000車両マイルから100,000車両マイルに増加させた。この要件により、厳しい要求が触媒コンバータに課せられている。というのは、典型的な自動車用内燃機関の排気ガス中に導入される多くの成分は、コンバータ内に存在する触媒に対し触媒毒として働く場合があるからである。

【0005】

50

潜在的な触媒コンバータの触媒毒の影響を理解するためには、触媒の性能に悪影響を及ぼす場合がある個々の変数の長期間にわたる影響の評価を可能にする試験装置及び手順を提供することが必要である。歴史的に、内燃機関はかかる評価のために用いられたが、かかる装置は、首尾一貫しておらず、保守に手間がかかり、作動するのに費用が高くつく場合がある。加えて、かかる装置は、個々の変数の別々の評価、例えば、燃料の成分の影響及びオイルの成分の影響の別々の評価を楽には行えない。また、エンジンオイル消費量は、エンジン年齢（稼働年数）、作動温度、速度及び他の変数によりばらつきがあり、これら変数は制御するのが困難である。

上記欠点を解決する試験装置及び試験方法が要望されている。

【発明の開示】

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、一特徴において、触媒コンバータをエージングする装置であって、触媒コンバータ手段と、上記触媒コンバータ手段と流体連通状態にある燃焼手段と、上記燃焼手段と流体連通状態にある燃料噴射手段と、上記触媒コンバータ手段と流体連通状態にある潤滑剤噴射手段とを有する装置を提供する。この装置は、データ収集手段と、上記燃焼手段と流体連通状態にある空気供給手段と、上記燃焼手段と流体連通状態にある熱交換器手段とを更に有するのが好ましい。

【0007】

本発明は、別の特徴では、触媒コンバータをエージングする装置であって、供給流の実質的に連続した理論燃焼をもたらして排出生成物を生じさせるようになったバーナと、上記バーナと流体連通状態にある燃料噴射システムと、上記排出生成物と流体連通状態にある触媒コンバータと、上記触媒コンバータと流体連通状態にある潤滑剤噴射システムとを有している。好ましい実施形態では、この装置は、実質的に連続した燃料計量制御を行い、好ましくは実質的に連続した触媒安全性のモニタリングを行うようになったデータ収集システムを更に有する。

20

【0008】

好ましくは、バーナは、スワールプレート手段を有する。好ましい実施形態では、スワールプレート手段は、スワール安定化バーナである。スワール安定化バーナは好ましくは、プレナム室と、燃焼管と上記プレナム室と上記燃焼管を互いに分離し、エアアシステッド燃料噴射ノズル組立体手段を含むスワールプレートとを有する。

30

【0009】

別の特徴では、スワール安定化バーナは、プレナム室と、ボアを備えた燃焼管と、上記プレナム室と上記燃焼管を互いに分離するスワールプレートとを有し、上記スワールプレートは、少なくとも1つの流路、好ましくは少なくとも3つの流路を上記ボアに沿って構成する潰れた円錐形及びスワール流のパターンを上記燃焼管中に生じさせるようになっている。この実施形態では、スワールプレートは好ましくは、空気供給源及び燃料供給源と流体連通状態にあるエアアシステッド燃料噴射ノズル組立体を有する。空気供給源及び燃料供給源は好ましくは、霧化燃料を上記燃焼手段に提供するようになっている。スワールプレートによって得られるパターンは好ましくは、バーナの内径に実質的に等しい間隔で潰れたり膨れたりする。本明細書において説明する実施形態では、バーナの内径は、約4インチであり、スワールプレートによって得られるパターンは好ましくは、約4インチ間隔で潰れたり膨れたりする。この装置は好ましくは、上記少なくとも1つの流路と流体連通状態にある少なくとも1つのイグナイタ、好ましくは、3つの流路各々と流体連通状態にある少なくとも1つのイグナイタを有する。潤滑剤噴射システムは好ましくは、上記バーナへの暴露時に蒸発するのに十分小さな直径を持つ液滴を含む潤滑剤の霧化スプレーを生じさせるようになっている。好ましい実施形態では、液滴の直径は、約80ミクロン以下、好ましくは約20ミクロン以下である。

40

【0010】

別の特徴では、本発明は、自動車用燃料の連続した理論燃焼を生じさせるバーナを提供

50

する。このバーナは、プレナム室と、燃料管と、上記プレナム室と上記燃焼管を互いに分離し、エアアシテッド燃料噴射ノズル組立体手段を含むスワールプレートとを有する。好ましいバーナは、上述したスワール安定化バーナである。

【 0 0 1 1 】

本発明は、自動車の内燃機関によって生じた組成及び温度に一致する組成及び温度のシミュレートされた排出ガスを生じさせる試験装置を提供する。この装置は、その作動の際潤滑油を用いても用いなくても利用できる。必要ならば、正確な量の潤滑油を排出ガスに加えることができる。本装置及び方法は、触媒コンバータ、或いは所望ならばシミュレートされた長時間にわたる運転条件にわたって縮尺コア触媒コンバータのエージングに適している。本装置は、シミュレートされた長時間にわたる運転期間にわたり、現尺触媒コンバータの耐久性に対するエンジン燃料及び（又は）潤滑油からの添加物及び汚染要因物の影響を迅速且つ正確に生じさせる。本装置は、実際の自動車に対する性能試験を行うことができるエージングされたコンバータ触媒を生じさせることができる。

10

【 0 0 1 2 】

本明細書で用いる「自動車用触媒コンバータ」又は「触媒コンバータ」という用語は、排気マニホールドとマフラとの間で自動車の排気系統に組み込まれるのに適した現尺排出ガス制御装置を意味している。本明細書で用いる「長時間にわたる運転条件」という用語は、少なくとも50,000車両マイル、より好ましくは少なくとも10,000車両マイルを意味している。

20

【 0 0 1 3 】

本明細書において立証されるように、本発明は、シミュレートされた長時間にわたる運転条件の期間にわたり、触媒コンバータの耐久性に対する自動車用燃料及び潤滑油中の添加物及び汚染要因物の影響を同時に又は別個に判定することができる。加えて、本願は、実際の車両に対する性能試験に適したエージングされた触媒コンバータ用の触媒を生じさせることができる。

【 0 0 1 4 】

自動車用燃料及び潤滑油の種々の成分は、触媒コンバータ中の触媒の劣化又は毒作用の原因となる場合がある。例えば、鉛入りガソリンは、触媒の毒作用を引き起こす場合のあることは知られている。というのは、アンチノック配合物としてガソリンに添加されたテトラエチル鉛は、公知の触媒毒である。加えて、内燃機関の燃料及び潤滑系の他の構成要素は、もしエンジンを通過して排ガスの成分になる場合には触媒毒として働く場合がある。例えば、硫黄が燃料中に存在していると、これは排ガス中の触媒毒として存在しがちになる。加えて、燐及び亜鉛は、エンジン潤滑油中に存在していれば、排ガス中に存在して触媒毒として働く場合がある。

30

【 0 0 1 5 】

本発明は、燃料及びオイルの影響を分けることができ、各変数の正確な制御を可能にする新規な装置及びその使用方法を提供する。本発明は、ガソリン又は他の燃料、例えば、合成ガソリン、ディーゼル油、石炭、泥炭又はこれに類似した原料から得られる液化燃料、メタノール、圧縮天然ガス又は液化石油ガスの燃焼から得られる油を含まない排気ガスをもたらす。エキゾーストは、排気ガスには正確な空燃比制御装置及び種々の消費率及び種々の酸化状態で燃料の影響と潤滑油（オイル）の影響を決定的に隔離する別個のオイル霧化システムを備えている。本装置は、種々の条件にわたって動作でき、シミュレートされるべきエンジン作動の種々のモード、例えば低温始動、定常状態理論混合比、リーン（希薄）、リッチ（濃厚）、周期的摂動等を可能にする。

40

【 0 0 1 6 】

本装置は、（１）燃焼用空気をバーナに提供する空気供給システム、（２）燃料をバーナに提供する燃料システム、（３）空気と燃料の混合気を燃焼させて適当な排出ガス成分を生じさせるバーナシステム、（４）排出ガス温度を制御する熱交換器、（５）オイル噴射システム及び（６）コンピュータ処理される制御システムを有している。

【 0 0 1 7 】

50

空気供給システム

次に図面を参照し、最初に図 1 を参照すると、本システムの略図が示されている。送風機又は空気ブロワ 30 が、周囲空気を入口空気フィルタ 20 を通して引き込み、加圧された空気の流れを排出する。送風機 30 及び空気質量流量センサ 50 は、当業者に周知の任意の従来設計のものであってよい。好ましい実施形態では、送風機 30 は、電気式遠心ブロワ、例えば、富士電気モデル V F C 404 A リングブロワであり、空気質量流量センサ 50 は、自動車用入口空気流量センサ、例えば、大抵の自動車部品小売店から入力できるボッシュモデル番号 0280214001 である。空気の供給量は、所望の空気流量を生じさせるようバイパス弁 40 を調節することによって設定され、この空気流量は、質量流量センサ 50 によって測定される。

10

【0018】

燃料供給系

標準型自動車用燃料ポンプ 10 は、自動車用燃料を燃料ライン 12 を通って電気式燃料制御弁 14 に圧送し、次にバーナ 60（以下に詳細に説明する）に圧送する。本明細書で用いる「自動車用燃料」という用語は、自動車の内燃機関用の燃料として用いることができる任意の物質を意味し、かかる燃料としては、ガソリン、合成ガソリン、ディーゼル油、石炭、泥炭又はこれに類似した原料から得られる液化燃料、メタノール、圧縮天然ガス又は液化石油ガスが挙げられるが、これらには限定されない。

【0019】

他形式の制御弁を用いることができるが、好ましい燃料制御弁 14 は、コンピュータ制御システムからのパルス幅変調信号を受信し、パルス幅に比例してバーナへの燃料の流量を調整するソレノイド弁である。電気式ソレノイド弁 14 は、当業者には周知のパルス変調信号で動作する設計のものであるのがよい。好ましい実施形態では、電気式燃料制御弁 14 は、大抵の自動車部品小売供給業者から入手できる。ボッシュ周波数弁モデル番号 0208 150 306-850 である。燃料は、燃料制御弁 14 からバーナ組立体中のエアアシステッド燃料噴射ノズル 16 に送られる。

20

【0020】

バーナ

バーナは、以下に説明するように、燃料と空気の理論燃焼を生じさせるよう特別に製作されている。好ましい実施形態では、バーナ 60 は、自動車用燃料の連続理論燃焼を生じさせることができるスワール安定化バーナである。

30

【0021】

次に図 2 を参照すると、好ましい実施形態では、バーナは、プレナム室 200 及び燃焼管 210 を有している。スワールプレート 18 が、プレナム室 200 を燃焼管 210 から分離している。燃焼管 210 は、極めて高い温度に耐えることができる材料で作られている。好ましい材料としては、INCONEL 又はステンレス鋼が挙げられるがこれらには限定されず、かかる材料は、結果的に得られる火炎パターンを目視観察を行えるよう INCONEL 管に代えて石英管を備えてもよいが、このようにするかどうかは任意である。

【0022】

空気と燃料を別々にバーナ 60 内へ導入する。質量流量センサ 50 からの空気をプレナム室 200（図 2）に導き、次にスワールプレート 18 を通ってバーナ管内へ導く、スワールプレート 18 は、燃料噴射器 16 を備えている。

40

【0023】

燃料噴射器

第 1 の実施形態では、プレナム室 200 の内部でスワールプレート 18 の中央に従来手段を用いてエアアシステッド燃料噴射ノズル 16 を稼働させる（図 2）。燃料供給ライン 14 からの燃料をエアアシステッド燃料噴射ノズル 16 に送り、ここで空気ライン 15 からの圧縮空気と混合して、燃焼管 210 内へ噴霧する（図 2）。圧縮空気ライン 15 は、燃料霧化を助けるよう高圧空気を提供する。

【0024】

50

図 5 A は、エアアシステッド燃料噴射ノズル 1 6 の一実施形態を示している。図 5 A から分かるように、エアアシステッド燃料噴射ノズル 1 6 は、スワールプレート 1 8 と係合する雄型フランジ付き継手と雌型フランジ付き継手を有している。種々の適当な係合方法は、当業者には知られている。雌型継手 2 5 0 は、フランジ付き端部 2 5 2 及び実質的に管状の延長部 2 5 1 を有している。雄型継手 2 5 4 は、フランジ付き端部 1 5 6 及び反対側の端部 2 6 8 を備えた実質的に円筒形の延長部 2 5 3 を有している。円筒形延長部は、雌型継手の管状延長部内にその長さに沿って嵌まる。好ましい実施形態では、管状延長部 2 5 1 の内壁 2 5 9、管状延長部 2 5 3 の外壁 2 6 3 との間の隙間 2 7 0 は好ましくは、約 1 / 8 インチ (約 3 . 1 7 5 mm) である。隙間は、燃料の噴射のための円周方向溝 2 5 7 を構成し、この溝は、燃料噴射穴 2 6 4 と連通している。

10

【 0 0 2 5 】

噴射ボア 2 6 2 (好ましくは、約 1 / 1 6 インチ (約 1 . 5 9 mm)) が、雄型継手の管状延長部 2 5 3 の軸線に実質的に平行にフランジ付き端部 2 5 6 を通ってボア 2 6 0 まで延びており、このボア 2 6 0 は、スワールプレート 1 8 とインタフェースを取っている。燃料噴射ボア 2 6 4 は、空気噴射ボア 2 6 2 に隣接したところで外壁 2 6 3 から半径方向内方に延びている。空気噴射ボア 2 6 2 は、任意適当な方法で空気ライン 1 5 と嵌合している。燃料噴射ボア 2 6 4 は、任意適当な方法で燃料ライン 1 2 と嵌合している。

【 0 0 2 6 】

図 5 B は、雄型継手のフランジ付き端部 2 5 4 の正面図であり、空気噴射ボア 2 6 2 の構造を示している。図 5 B で分かるように、空気噴射ボア 2 6 2 a ~ 2 6 2 d、2 6 5 は、ゲーム用サイコロ上の番号 “ 5 ” と同様に配列されている。具体的に説明すると、中央空気穴 2 6 5 の中心及び隅の空気穴 2 6 2 a ~ 2 6 2 d のうち任意の 1 つの中心を通して引かれた線は、図 5 B の 5 x - 5 x に沿って引いた線と比較したときに 4 5 ° の角度をもつことになる。換言すると、隅の空気穴 2 6 2 a ~ 2 6 2 d の中心は、中央空気穴 2 6 5 周りに引かれた正方形の 4 つの隅のところに見出される。

20

【 0 0 2 7 】

稼働状態におけるエアアシステッドノズル 1 6 の全ての部品の反対側の端部の正面図が図 5 C に示されている。この「標的 (bulls-eye)」図では、内側の円は、雌型継手のボア 2 6 0 であり、その隣の同心リングは、雄型継手の管状延長部 2 5 3 の反対側の端部 2 6 8 であり、次の同心リングは、雌型継手の管状延長部 2 5 1 と雄型継手の延長部 2 5 3 との間の隙間によって形成された環状溝 2 7 0 であり、最も外側のリングは、ポート 2 5 5 を構成するフランジ 2 5 2 である。

30

【 0 0 2 8 】

燃料噴射器 1 6 (図 5 D ~ 図 5 F) の好ましい実施形態では、図 5 A ~ 図 5 C の場合と同様同一の部品には同一の番号が付けられている。図 5 D を参照すると、空気噴射ボア 2 6 2 は、直接燃料ジェットを通過した噴射空気によって燃料噴射ボア 2 6 4 を通って供給された燃料を剪断しながら混合及び保護のための空気シュラウド内へ燃料を差し向けるよう斜めになっている。燃料噴射ボア 2 6 4 は好ましくは、混合及び保護のための空気シュラウド中へ直接差し向けられている。噴射角度は、スペースに関する要件内で燃料の霧化を最大にし、スワールプレート 1 8 と協働する。

40

【 0 0 2 9 】

エアアシステッド燃料噴射ノズル 1 6 は、スワールプレート 1 8 の中央のところに設けられた従来手段を用いて稼働する。エアアシステッド燃料噴射ノズル 1 6 は、スワールプレート 1 8 に設けられた中央ボア 2 4 4 (図 3 C) と嵌合するようになったフランジ付き雄型継手 2 5 2 を有している。好ましい実施形態では、エアアシステッド噴射ノズルの外壁 2 5 4 a とスワールプレート 1 8 の中央ボアの壁 2 8 1 との間の同心状の隙間 2 7 0 は、好ましくは、約 0 . 2 インチ ~ 約 0 . 7 5 インチ (約 5 . 0 8 mm ~ 約 1 9 . 0 5 mm)、最も好ましくは約 0 . 2 5 インチ (約 6 . 3 5 mm) である。エアアシステッド燃料噴射ノズル 1 6 は、線 Y - Y によって表された長手方向軸線を有する空気噴射ボア 2 6 2 を備えている。線 Y - Y は、スワールプレートの内壁 2 8 0 に沿って引かれた線 5 F

50

～ 5 F に対し角度 x , x をなしている。角度 x , x は好ましくは、約 65° ～ 約 80° 、好ましくは約 76° である。空気噴射ボア 262 は、実質的に任意の形状のものであってよい。好ましい形態では、空気噴射ボア 262 は、円筒形のボアである。

【0030】

空気噴射ボア 262 は、供給端部 298 から噴射端部 299 まで延びており、この空気噴射ボアは、適当な燃料の流れを可能にするのに有効な内径を有している。好ましい実施形態では、空気噴射ボア 262 の内径は、約 0.060 インチ～約 0.080 インチ (約 1.524 mm～約 2.032 mm)、好ましくは 0.070 インチ (約 1.778 mm) である。空気噴射ボア 262 は、供給端部 298 から噴射端部 299 に設けられた燃焼管 210 (図 2) まで延びている。

10

【0031】

エアアシステッド燃料噴射ノズル 16 は、スワールプレート 18 の外壁 282 と合致するようになった第 1 のフランジ付き端部 252 a を有している。第 1 のフランジ付き端部 252 a と外壁 282 の整列手段は、多くの形態を取ることができ、例えば、相補形状の溝、相補形状のアンクル又は他形式の嵌合機械継手の形態を取ることができる。好ましい実施形態では、第 1 のフランジ付き継手 252 a と外壁 282 は、実質的に平らであって互いに平行であり、実質的に長手方向軸線 A - B に垂直な線に沿って互いに当接している。好ましい実施形態では、第 1 のフランジ付き端部 252 a は、線 A - B で示される長手方向軸線から半径方向外方に、約 0.38 インチ～約 0.65 インチ (約 9.652 mm～約 16.51 mm) の距離まで、好ましくはこれから約 0.38 インチ (約 9.652 mm) の距離まで延びている。

20

【0032】

第 2 のフランジ付き端部は、必ずしも必要ではないが、好ましい実施形態では、エアアシステッド噴射ノズル 16 は、線 A - B で定められた長手方向軸線から半径方向外方に、約 0.3 インチ～約 0.45 インチ (約 7.62 mm～約 11.43 mm)、好ましくはこれから約 0.38 インチの距離まで延びている。

【0033】

図 5 D に示すように、第 1 のフランジ付き端部 252 a 及び第 2 のフランジ付き端部 252 b は、供給端部 298 のところにポート 255 を有する流れ室 297 を構成している。このポート 255 の寸法形状は、重要な要件ではない。ただし、ポート 255 が流れ室 297 を通ってエアアシステッド噴射ノズル 16 の燃料噴射ボア 264 への適当な量の燃料の流れを可能にすることを条件とする。エアアシステッド噴射ノズル 16 の噴射端部 299 は、燃料噴射ボア 264 を備え、これら燃料噴射ボアは、流れ室 297 から空気噴射ボア 262 の開口部 291 まで延びている。燃料噴射ボア 264 は、適当な流量の燃料を送り出す限り実質的に任意の形状のものであってよい。燃料噴射ボア 264 は、線 R - R

30

によって表された長手方向軸線を有し、線 R - R は、線 5 F ～ 5 F に対し角度 z , z をなしている。好ましい実施形態では、燃料噴射ボア 264 は円筒形であり、その直径は、約 0.020 インチ～約 0.040 インチ (約 0.508 mm～約 1.016 mm)、好ましくは約 0.031 インチ (約 0.7874 mm) である。好ましくは、角度 z , z は、約 60° ～ 約 80° 、好ましくは約 73° である。

40

【0034】

作用を説明すると、燃料は、ポート 255 を通り、流れ室 297 を通り、燃料噴射ボア 264 及び開口部 291 を通って流れ、空気噴射ボア 262 内へ噴射され、その結果、エアアシステッド燃料噴射ノズル 216 の噴射端部 299 のところに空気と燃料の並流の噴射が得られる。燃料は、開口部 291 のところで空気と衝突し、その結果、空気シュラウドと衝突するのに有効な流れのジェットが生じる。噴射ノズル 16 の全ての部品の構成材料及び寸法形状は、プロセス動作条件に基づいて様々であろう。

【0035】

図 5 E に示すように、空気噴射ボア 262 は、噴射端部 299 のところに開口部 262 a ～ 262 d を有し、これら開口部は、ゲーム用サイコロ上の番号 “ 4 ” のように配列さ

50

れている。開口部 2 6 2 a ~ 2 6 2 d は好ましくは、A B , A B によって示されるように互いに対し 9 0 ° の角度間隔をなしている。

【 0 0 3 6 】

図 5 F は、エアアシステッド燃料噴射ノズル 1 6 の供給端部 2 9 8 の正面図である。この「標的」図では、内側の円は、ボア 2 6 0 であり、残りの同心リングは、第 2 のフランジ付き端部 2 5 2 b の外側フェース 2 6 1 である。燃料は、燃料ライン 1 2 からポート 2 5 5 を通って噴射ノズル 1 6 に流れ、燃料流れ室 2 9 7 内へ流れ、そして燃料噴射ボア 2 6 4 を通って空気噴射ボア 2 6 2 に流れる。

【 0 0 3 7 】

スワールプレート

好ましい実施形態では、スワールプレート 1 8 は、図 3 A ~ 図 3 E に示すように、非常に乱流の度合いの高い旋回燃焼を生じさせて燃焼領域中に潰れた円錐形及びスワール流の複合パターンを生じさせることができる。スワールプレート 1 8 によって得られるフローパターンは、多くのスワールジェット 2 4 2 , 2 4 2 a ~ 2 4 2 c , 2 5 3 , 2 5 3 a ~ 2 5 3 c と乱流ジェット 2 4 8 , 2 4 8 a ~ 2 4 8 c , 2 4 9 , 2 4 9 a ~ 2 4 9 c , 2 5 0 , 2 5 0 a ~ 2 5 0 c の相互作用を伴う。これらジェットの相互作用により、好ましくは燃焼管の内径に長さが実質的に等しい間隔で潰れたり膨らむ旋回流が生じる。好ましい実施形態では、燃焼管 2 1 0 の内径は、4 インチ (1 0 . 1 6 c m) であり、旋回流が潰れたり膨らむ間隔は 4 インチ毎である。このパターンは明らかに、燃焼管 2 1 0 の壁に沿って流路を構成し、かかる流路は、燃焼管 2 5 0 に沿ってイグナイタ 2 2 0 の設置場所を定めている。本明細書に記載する実施形態では、イグナイタは、内側スワールジェット (2 5 3 a , 2 5 3 b , 2 5 3 c) の経路に沿って第 1 及び第 2 の完全膨らみ部のところに配置されている。

【 0 0 3 8 】

図 3 A ~ 図 3 E に示す好ましい実施形態では、スワールプレート 1 8 は、空気フローパターンを固定し、燃料噴射器を保護するのに有効な「空気シュラウド」を作るのに十分な厚さの実質的に円形のディスクである。その厚さは一般に約 1 / 2 インチ (約 1 2 . 7 m m) 以上である。スワールプレート 1 8 は、中央ボア 2 5 5 を有している。エアアシステッド噴射ノズル 1 6 は、適当な手段を用いてこの中央ボア 2 5 5 のところでスワールプレート 1 8 に装着されている。この実施形態では、スワールプレート 1 8 には、エアアシステッド噴射ノズル 1 6 の取付けのためのボア 2 4 0 が設けられている。スワールプレート 1 8 は、高温に耐えることができる実質的に任意の材料で作られており、好ましい材料は、ステンレス鋼である。

【 0 0 3 9 】

中央ボア 2 5 5 は、壁 2 4 4 によって構成されている。一般的に言って、スワールプレートの長手方向軸線から所与の半径方向距離のところに位置したジェットの各タイプは、中央ボア 2 5 5 から所与の距離を置いたところに位置する同心円に沿って約 9 0 ° の角度間隔をおいて位置する 4 つのメンバー (ジェットの「組」と呼ばれる) を有している。3 つの組をなす乱流ジェット 2 4 8 , 2 4 9 , 2 5 0 は、空気を中央ボア 2 5 5 に差し向ける。内側の組をなすスワールジェット 2 4 2 及び外側の組をなすスワールジェット 2 5 3 は、空気をスワールプレート 1 8 の外周部 2 5 6 から線 3 C - 3 C 又は 4 E - 4 E (図 3 C) に実質的に平行にスワールプレートの直径を通りバーナの方でそれぞれの四分円内に差し向ける。

【 0 0 4 0 】

ジェットの正確な寸法及び角度の向きは、バーナの内径に応じて様々であり、この内径は、この実施形態では、約 4 インチである。本明細書における説明が与えられた場合、当業者であれば、種々の寸法形状のバーナに用いられるスワールプレートを採用することができよう。

【 0 0 4 1 】

ジェットの向きを、スワールプレート 2 5 7 の前面に関し、スワールプレート 1 8 の長

10

20

30

40

50

手方向軸線 2 4 1 に関し、そしてスワールプレート 1 8 を 4 つの四分円に分割する図 3 C の線 3 C - 3 C 及び線 4 E - 4 E に関して説明する。

【 0 0 4 2 】

内側が中央ボア 2 5 5 を構成している壁 2 4 4 で始まってスワールプレート 1 8 の外周部 2 4 4 E まで同心状に延びる 6 つの同心円 2 4 4 , 2 4 4 a ~ 2 4 4 e (図 3 C) が示されている。この実施形態では、中央ボアの内径は、1 . 2 5 インチ (3 . 1 7 5 c m) であり、内側半径が 0 . 6 2 5 インチ (1 5 . 8 7 5 m m) である。第 1 の同心円 2 4 4 a は、壁 2 4 4 から 0 . 0 7 9 5 インチ (2 . 0 1 9 m m) のところにあり、第 2 の同心円 2 4 4 b は、壁 2 4 4 から 0 . 5 6 2 5 インチ (1 4 . 2 8 8 m m) のところにあり、第 3 の同心円 2 4 4 c は、壁 2 4 4 から 1 . 1 2 5 インチ (2 . 8 5 8 c m) のところにあり、第 4 の同心円 2 4 4 d は、壁 2 4 4 から 1 . 3 1 2 5 インチ (約 3 . 3 3 4 c m) のところにあり、第 4 の同心円 2 4 4 e は、壁 2 4 4 から 1 . 4 3 7 5 インチ (約 3 . 6 5 1 c m) のところにある。

【 0 0 4 3 】

組をなす外側スワールジェットには、符号 2 4 2 , 2 4 2 a , 2 4 2 b , 2 4 2 c が付けられている。組をなす内側スワールジェットには、符号 2 5 3 , 2 5 3 a , 2 5 3 b , 2 5 3 c が付けられている。外側スワールジェット 2 4 2 , 2 4 2 a ~ 2 4 2 c 及び内側スワールジェット 2 5 3 , 2 5 3 a ~ 2 5 3 c は、スワールプレート 1 8 の表面 2 5 7 に対し同一の角度 z (図 3 B) 、好ましくは 25° の角度をなしている。好ましい実施形態では、外側スワールジェット 2 4 2 , 2 4 2 a ~ 2 4 2 c と内側スワールジェット 2 5 3 , 2 5 3 a ~ 2 5 3 c の両方の内径は、5 / 1 6 インチ (7 . 9 3 8 m m) である。外側スワールジェット 2 4 2 は、空気をスワールプレート 1 8 の外周部 2 5 6 に沿って位置する入口箇所 2 4 2 x からバーナ側 6 0 上の円 2 4 4 b に沿って位置する出口箇所 2 4 2 y に差し向ける。外側スワールジェット 2 4 2 の長手方向軸線は、これらのそれぞれの四分円内で線 3 C - 3 C 及び線 4 E - 4 E に平行であって、これらから 0 . 4 4 インチ (1 1 . 1 7 6 m m) の間隔をおいている。内側スワールジェット 2 5 3 は、燃料噴射側 5 9 上の円 2 4 4 b に沿って位置する入口箇所から中央ボア 2 4 4 に沿って位置するバーナ側 6 0 上の出口箇所まで延びている。内側スワールジェット 2 5 3 の長手方向軸線も又、それぞれの四分円内で線 3 C - 3 C 及び 4 E - 4 E に平行である。

【 0 0 4 4 】

空気シュラウドジェット 2 5 0 は、空気を円 2 4 4 b に沿って位置する箇所から中央ボア 2 5 5 の中心に向かって直接内方に差し向ける。空気シュラウドジェット 2 5 0 の長手方向軸線は、線 (3 C - 3 C 及び 4 E - 4 E) に沿って延びている。スワールプレート 1 8 の長手方向軸線 2 4 1 に対する空気シュラウドジェット 2 5 0 の長手方向軸線 2 5 1 の角度 a (図 3 D) は 43.5° である。空気シュラウドジェット 2 5 0 の内径は好ましくは、約 1 / 4 インチ (6 . 3 5 m m) である。スワールプレート 1 8 のバーナ側 6 0 上の外側スワールジェット 2 4 2 の出口箇所 2 4 2 y は好ましくは、長手方向に又はスワールプレートの長手方向軸線 2 4 1 に平行な方向でスワールプレート 1 8 の燃料噴射側 5 9 上の空気シュラウドジェット 2 5 0 の入口箇所と整列する。

【 0 0 4 5 】

空気シュラウドジェット 2 5 0 は主として、火炎がエアアシステッド噴射ノズル 1 6 に接触するのを阻止するという働きをする。空気シュラウドジェット 2 5 0 から流れる空気は、燃料噴射器 1 6 (図 1 及び図 2) の前の位置に収斂し、空気の円錐形シュラウドを作り、その結果、スワールプレート 1 8 の燃料噴射側 5 9 (図 1) 上に低圧領域が生じると共にスワールプレート 1 8 のバーナ側 6 0 上に高圧領域が生じる。燃料噴射側 5 9 上の低圧領域は、燃料を燃焼管 2 1 0 内へ引き込むのに役立ち、バーナ側 6 0 上の高圧領域は、バーナ火炎がエアアシステッド噴射ノズル 1 6 のフェースにくつつくのを阻止すると共にノズル 1 6 のコーキング及び過熱を阻止する。好ましい実施形態では、空気シュラウドジェット 2 5 0 は、ノズル 1 6 の前で約 0 . 5 c m から約 1 c m に収斂する。

【 0 0 4 6 】

燃焼管 210 は、幾つかの火花イグナイタ 220 (図 2 参照) を備えている。好ましい実施形態では、3 つの実質的に等間隔を置いたイグナイタ 220 が、スワールプレート 18 によって作られたガス「スワール経路」中で燃焼管の周囲に沿って設けられている。好ましい実施形態では、これらイグナイタ 220 は、船舶用火花プラグである。

【0047】

揮発性の低い燃料の燃焼に適した変形実施形態では、燃焼管 210 は、噴射ノズル 16 から約 1 フィート (約 0.305 m) 下流側に位置したところにセラミックフォームを備えている。実質的に任意適当なフォームを使用できるが、好ましくは、例えばカナダ国パコイマ州 91331 所在のウルトラ - メット - コーポレイションから市販されている 10 細孔 / インチ SiC セラミックフォームが用いられる。

10

【0048】

燃料噴射器とスワールプレートの相互作用

バーナ 60 と燃料噴射器 16 は、実質的に連続して「有効な理論燃焼」をもたらすよう協働する。本明細書で用いる「有効理論燃焼」という用語は、燃料噴射器の実質的なコーキングを起こすことなく、燃料管の壁の健全性を維持する理論燃焼を意味する。その結果、バーナは、保守を必要とすることなく、少なくとも 200 時間あたり実質的に連続して理論空燃比で動作することができる。好ましい実施形態では、バーナは、保守を最小限にして少なくとも 1,500 時間にわたり実質的に連続して理論空燃比で動作することができる。最小限の保守とは、火花プラグの交換のみを意味している。

【0049】

20

燃料噴射器 16 の設計 (上述した) は、スワールプレート 18 の主要な特徴を考慮に入れており、かかる特徴とは次の通りである。

(1) 外側乱流ジェット 248, 249 (断面 3C - 3C で示す) は、火炎が燃焼管 210 の内壁と常時接触状態のままにならないようにする。バーナ 60 は、連続し、長期間にわたり理論空燃比 (最も温度の高い空気 / 燃料の比動作点) で動作するので、燃焼管 210 の壁の健全性を維持することが必要である。現在、INCONEL 燃焼管 210 は、劣化の形跡を示すことなく 1,500 時間を超える動作時間にさらされている。この特徴は、燃料噴射に実質的に影響を及ぼさない。

【0050】

(2) 内側スワール 242 は、バーナ中に全体的なスワールパターンを生じさせる。内側スワールジェット 242 から出た空気は、スワールプレート 18 の下流側約 3 インチのところで燃焼管 210 の内壁に衝突し、燃料噴射器 16 からの燃料のスプレーと直接相互作用をする。

30

【0051】

(3) 内側乱流ジェット 250 は、「空気シュラウドジェット」と呼ばれる場合がある。内側乱流ジェット 250 から出た空気は、燃料噴射器 16 の前で 0.75 インチ (19.05 mm) のところに収斂する。この特徴により、2 つの非常に重要な機能が得られる。収斂箇所は、バーナ 60 中に高圧点を作り、これは、バーナ火炎が燃料噴射器 16 にくっつくのを阻止する (コーキングを防止する)。燃料噴射器と直接相互作用して火炎品質に影響を及ぼす第 2 の機能は、これにより残りの大きな燃料液滴がバーナ火炎に入っているときにかかる燃料液滴が剪断されるということにある。

40

【0052】

熱交換器

バーナ 60 からの排気ガスは、熱交換器 70 に導かれる。熱交換器 70 は、当業者に周知の任意従来設計のものであってよい。好ましい実施形態では、熱交換器 70 は、2 つの部分から成っている。上流側部分は、水ジャケット付き管から成る。下流側部分は、縦型の直交流式管形 (シェルアンドチューブ形) 熱交換器である。縦型直交流設計は、蒸気の生成及び冷却管内の蒸気の閉じ込めを最小限に抑える。熱交換器 70 は、入口水ライン 80 及び出口水ライン 90 を備え、これら水ラインは、冷却水を供給したり排出して排気ガスを、典型的な自動車の触媒コンバータの入口のところに存在する温度をシミュレートし

50

た温度まで冷却する。

【 0 0 5 3 】

次に図 4 を参照すると、図 4 は、好ましい実施形態の熱交換器の上流側部分についての詳細を示しており、シェル 3 0 5 が、水入口連結部 3 0 6 を備えている。シェル 3 0 5 は、バーナからの排出ガスを収容した内側管の水ジャケットとしての役目を果たす。水は水ジャケットを通して流れ、この水ジャケットは、水を内側管の全ての部分全体に差し向ける幾つかのバッフル 3 0 8 を備えている。シェル 3 0 5 は、下流側端部のところに出口水連結部 3 0 9 を備えている。

【 0 0 5 4 】

熱交換器の下流側部分に関し、シェル 3 1 0 は、水入口連結部 3 2 0 を備え、この水入口連結部は、入口ヘッダ 3 3 0 に連結されている。入口ヘッダ 3 3 0 は、複数の 0 . 5 インチ (約 1 . 2 7 c m) 管 3 4 0 と流体連通状態にあり、これら管 3 4 0 は、シェル 3 1 0 の底部から頂部まで延び、複数の 0 . 5 インチ管 3 4 0 は、出口ヘッダ 3 5 0 と流体連通状態に配置され、この出口ヘッダは、出口水出口連結部 3 6 0 を備えている。作用を説明すると、高温排気ガスをシェル 3 1 0 中に差し向け、ここでガスは複数の 0 . 5 インチ管 3 4 0 と接触する。冷却水を入口水入口連結部 3 2 0 中へ循環させ、次に、入口ヘッダ 3 3 0 により複数の 0 . 5 インチ管 3 4 0 を通って流れるよう差し向ける。排気ガス中に存在する熱は、冷却水中に伝えられ、図 1 の熱交換器 7 0 の出口のところで温度が低下した排気ガスを生じさせる。

【 0 0 5 5 】

オイル噴射システム

排気ガスは次に、オイル噴射部分 1 1 0 (図 1) に送られる。オイル噴射部分は、オイルが触媒に達する前にオイルを蒸発させて酸化させるのに十分小さな直径を持つオイル液滴を含む霧化オイルスプレーを生じさせる。オイル噴射システムをバーナから見て下流側のどこの場所に設けてもよい。

【 0 0 5 6 】

マルバーン (Malvern) レーザ粒子分粒器具を用いて一連の試運転を行って好ましいオイル液滴サイズをガスアシストライン中の窒素圧力の関数として求めた。適当なオイル液滴サイズは、80 ミクロン未満のザウタ平均直径、最も好ましくは約 20 ミクロン以下のザウタ平均直径を有している。

【 0 0 5 7 】

作用を説明すると、モータオイルのサンプルをオイルポンプ 1 6 0 によってオイルリザーバ 1 5 0 (図 1) から引き出す。実質的に任意のタイプのポンプを用いることができるが、好ましくは、オイルをリザーバからオイル噴射ライン 1 4 0 を通り水冷却プロープ 1 2 0 中へ送る蠕動ポンプが用いられ、オイルは水冷却プロープから、オイル噴射部分 1 1 0 中に存在している排気ガス中に噴射される。

【 0 0 5 8 】

オイル噴射システムは、4 インチ (1 0 . 1 6 c m) 直径の管内に収納されると共に排気ガス温度が約 6 0 0 の場所に配置される。好ましい実施形態では、オイル噴射部分 1 1 0 は、図 6 A 及び図 6 B に示されているよう構成されている。この実施形態では、互いに別個のオイル噴射ライン 4 3 4 と窒素噴射ライン 4 1 0 が、継手 4 3 0 を貫通しており、この継手 4 3 0 は、噴射部分ハウジング 4 3 2 及び噴射部分ハウジング 4 3 2 の水冷却スリーブ 4 2 0 にねじ込まれている。オイル噴射ライン 4 3 4 は、オイル噴射ノズル 4 4 0 の機械加工オイルリング 4 4 4 (図 6 A) と連通している。窒素噴射ライン 4 1 0 は、オイル噴射ノズル 4 4 0 の機械加工空気リング 4 4 8 (図 6 A) と連通している。機械加工オイルリング 4 4 4 及び機械加工空気リング 4 4 8 に加えて、オイル噴射ノズルは、改造ボルト 4 4 2、Oリングシール 4 4 6、ストックジェット 4 5 0 及びストックノズル 4 5 2 を有している。

【 0 0 5 9 】

作用を説明すると、冷却剤溶液、好ましくは水をスリーブ 4 2 0 を通って連続循環させ

10

20

30

40

50

、このスリーブは、オイル噴射ライン 4 3 4 及び窒素噴射ライン 4 1 0 を覆い、それによりオイル及び窒素噴射システムが所望温度のままであるようにする。潤滑オイルをオイル噴射ライン 4 3 4 を経てノズル 4 4 0 内へ圧送し、ここでオイルを窒素と混合させる。その結果得られた窒素とオイルの混合物をノズル 4 4 0 を通って排気ガス中へ噴射する。噴射されたオイルと混合した排気ガスを最終的に自動車用触媒コンバータ 1 7 0 に通し、その後、排気ガスを排気ライン 1 8 0 を経て大気中へ逃がす。

【 0 0 6 0 】

コンピュータ化された制御システム

次に、図 7 を参照すると、本発明に用いるのに適したデータ収集及び制御システムが設けられている。このシステムは好ましくは、点火、燃料噴射器への空気アシスト、補助空気、燃料供給量、ブロワの空気供給量（送風量）、オイル噴射等を制御する手段となる（これについては、以下により詳細に説明する）。適当な制御システムの一例は、燃料計量を制御する比例積分微分（P I D）制御ループである。

【 0 0 6 1 】

データ収集システムは、一連の試験プローブ 6 1 0 , 6 2 0 , 6 3 0 を有し、これらプローブは、多数のパラメータに関するデータを収集する。適当なパラメータは、システム中の質量空気流量、空燃比（リニア及び E G O）、熱交換器の出口のところの排気ガス温度、触媒の入口のところの排気ガス温度、触媒の出口のところの排気ガス温度及びこれらの組合せから成る群から選択される。好ましい実施形態では、データは、上述のパラメータの全てについて収集される。試験プローブによって測定された情報を電子信号により電子データ記録システム 6 5 0 に伝送する。好ましい実施形態では、電子データ記憶システムは、コンピュータがモニタされたパラメータの全てを定期的に測定して、得られたデータの全てをハードドライブ上に記録するようにするプログラムを搭載したコンピュータシステムを有する。

【 0 0 6 2 】

好ましくは、データ収集及び制御システムは、安全であるかどうかについてテストスタンドをモニタする（例えば、バーナに点火し、排気ガスが温度と空燃比の両方について指定された限度内にあることを確認することによって）。制御システムは、自動開始及び自動停止オプションを有している。バーナ燃料を活性化した後、1 組の安全性チェックが、バーナを自動的に初期化して誤動作があるかどうかにつきこれをモニタする。試験が行われている間、プログラムは、データを 4 H z で収集し、データを 0 . 5 H z で記憶し、そして触媒入口、触媒層及び出口温度並びに測定された空燃比を 1 H z で表示し、オペレータがシステムの全体的な安全性を検討できるようにする。長期間にわたって手入れがなされていないガソリン燃料バーナを作動させることは潜在的に危険である。本システムは、3 つの内蔵安定性限度を用いてシステムの誤動作があるかどうかについてチェックする。熱交換器出口は、燃料噴射の作動後、4 秒以内に 1 0 0 を超える温度に達し、作動中、最小安全性設定レベルを維持することが必要であり、これはバーナが正しく点火されて点火状態のままであることを指示する。第 3 の設定値は、触媒層温度をチェックして触媒が実験に有害な温度状態にはないことを確認する。安全性設定値のうち満たされていないものがあれば、コンピュータは、全ての試験システムをオフにし、ブロワの流れを逸らし、バーナヘッドへの 2 分間の窒素パージを作動させてバーナ火災を消すと共に未燃焼の燃料を窒素中に浮遊させ、それにより試験装置中における大規模な発熱反応を阻止する。システムが作動を停止された状態をデータ及び時間と共に表示する赤色のスクリーンを表示する。データを安全性の妥協点を見いだした後、4 H z で 1 0 分間連続的に記録する。加えて、窒素パージシステムも又、起動させ、停電が検出されると安全のための作動停止を行う。

【 0 0 6 3 】

好ましい実施形態では、データ収集及び制御システムは、多数のパラメータを制御することもでき、かかるパラメータとしては、潤滑油（オイル）の噴射及びバーナシステムの制御が挙げられる。コンピュータは、タッチスクリーンモニタ及びマルチファンクション

D A Qカードを装備しており、これらはシステム情報をモニタして記録し、システムエレクトロニクスを制御するデジタルリモジュールに接続されている。コンピュータインタフェースを用いて、オペレータは、電力をブロウ及び燃料ポンプに切り換えると共にエアアシスト燃料噴射器、バーナ火花、オイル噴射及び補助空気を全てスクリーンのタッチで制御することができる。システム温度、バーナ空気に関する質量空気流量及びバーナの空燃比を測定し、これらを工学ユニットに変換する。ソフトウェアプログラムは、測定データを用いて全排出流量及びバーナ空燃比を計算すると共にシステム誤動作を表す条件をチェックする。バーナ空燃比を、開ループ又は閉ループの何れかとして制御して、指定された燃料流量又は指定された空燃比を維持するのがよい。空燃比の制御は、バーナに送られる燃料の量を変化させることにより達成される（一定の周波数制御波形のパルスデューティサイクルを修正する）。必要な場合にはいつでも、開ループ制御を起動させ、オペレータが一定の燃料噴射器パルスデューティサイクルをエンターすることができるようにする。実際のバーナ空燃比を測定して空燃比設定値の測定値と比較し、次に燃料噴射器のデューティサイクルを調節して測定された誤差を補正する。プログラムのフロントパネルを用いてユーザがエージングサイクルを入力し、単一のスクリーンを用いて試験を行うことができるようにする。

10

【 0 0 6 4 】

好ましい実施形態では、データ収集及び制御システムは、システムを制御し、測定されたパラメータからの信号を収集して処理するコンピュータプログラムを備える。コンピュータプログラムを当業者に周知の多種多様な仕方で書き込むことができる。制御装置は好ましくは、触媒入口温度を設定温度を中心として約 - 5 0 ~ 約 + 5 0 、好ましくは設定温度を中心として約 - 5 ~ 約 + 5 に維持する閉ループファン制御方式を備える。設定温度は、シミュレートされているサイクルによって決められる。図 1 0 は、制御装置の出力が冷却ファンの速度をオフからロー（低）に、そしてハイ（高）に変える適当な閉ループファン制御方式の略図を示している。

20

本発明は、例示に過ぎない以下の実験例を参照すると一層よく理解されよう。

【 0 0 6 5 】

実験例 1

本システム内へ噴射される潤滑剤について液滴サイズを求める一連の試験を行った。液滴分粒試験の結果が図 8 に示されている。この図は、ミクロンで表した液滴の「ザウタ平均直径（“ D (3 , 2) ” という標識が付けられている）」を 0 . 3 m L / 分の計画されたオイル流量について空気圧の関数として示している。ザウタ平均直径（又は S M D 又は D_{32} ）は、実際の多分散スプレーと表面積と体積の比が同一の理想化された単分散スプレーの液滴直径である。表面積と体積の比は、スプレーの蒸発速度と相関関係があり、したがって S M D は、スプレーを蒸発させ又は燃焼させるスプレー特性の共通の尺度である。S M D は、数学的に次式によって定義される。

30

【 0 0 6 6 】

$$S M D = D_{32} = (\sum n_i D_i^3) / (\sum n_i D_i^2)$$

【 0 0 6 7 】

上式において、 n_i は、サイズクラス D_i の液滴の数である。図 8 から理解できることは、液滴サイズが空気圧の上昇につれて減少するということである。他に考慮すべき事項が無ければ、最も小さな液滴を与えるために最も高い圧力を用いる。というのは、オイルの蒸発をできるだけ多くしたいからである。しかしながら、この装置に関し、空気ではなく窒素を「エアアシスト」ガスとして用いた。窒素消費量は好ましくは、運転費の観点からと排気ガス流中の窒素の割合をできるだけ低く保つためという観点の両方から最少に保たれる。その結果、液滴サイズと圧力との間にはトレードオフの関係がある（兼ね合いがある）。装置の最適試験中、許容可能な圧力を決定した。

40

【 0 0 6 8 】

圧力と液滴サイズがトレードオフの関係にあるかどうかの判定を助けるため、液滴噴射の下流側の種々の場所で蒸発する液体の量を計算するコンピュータプログラム（T E S S

50

、サウスウエスト・リサーチ・インスティテュート）を用いてコンピュータシミュレーションを行った。コンピュータシミュレーションは、2.5インチ（6.35cm）直径の管及び400で50scfmの排気ガス流量を仮定した。オイルスプレーのSMDは、20ミクロンであった。中心線に対するスプレー半角は、9°であった。

【0069】

図8は、SMDが20ミクロンの液滴分布中における種々のサイズの液滴について液滴の軌道を示している。大きな液滴は、ノズルの下流側約250mmのところでは2.5インチ直径の管（半径が31.75mm）の壁に当たった。20ミクロンのSMDでは、オイルのうち約75%が蒸発し、25%が壁に当たる。30ミクロンのSMDでは、壁に当たる前にオイルのうち50%だけが蒸発する。このデータに基づくと、SMDをできるだけ小さくすることが重要である。

10

【0070】

実験例2

本装置がオイル噴射を用いることにより現尺触媒コンバータの耐久性に関する有用な情報を提供できることを立証するために一連の試験を行った。以下の表で特定される触媒ブリックについて行った。

【0071】

20

触媒製造業者	エンジェルハード
機種	FEX-010-M2
サイズ	直径3.268インチ、長さ3.0インチ
セル密度	400セル/1平方インチ
触媒金属	パラジウム/ロジウム@9:1
金属使用量（含量）	60g/1立方フィート

【0072】

十分に処方された潤滑油（オイル）をこれら試験に用いたが、十分に処方された潤滑油という用語は、潤滑油が洗浄剤及び他の添加剤、並びにベース留分（ルブカット）を有することを意味している。潤滑油は次の表に記載されている。

30

【0073】

	オイル番号1	オイル番号2
SWRI 識別表示	EM-2209-EO	EM-2210-EO
SAE 粘度	5W30	5W30
密度（g/cm ³ ）	0.867	0.865
重量% 燐	0.11	0.06

【0074】

最新式のコンピュータ制御自動車用エンジンは、2つの燃料制御モード、即ち、開ループ制御（エンジンクラック、ウォームアップ、過酷な加速）と触媒が動作運動に達した後の理論閉ループ制御（部分絞りとアイドリング条件）を有している。閉ループモード中、エンジンの空燃比は僅かにリッチ（濃厚）と僅かにリーン（希薄）との間で絶えず摂動している（これは、フィードバックに用いられる排気ガス酸素センサのオンオフスイッチタイプの動作に起因している）。したがって、リッチ開ループ（定常状態）モード及び摂動を起こした理論閉ループモードのシミュレーションを用いて性能評価試験を行った。リッチ定常状態空燃比テスト中、HC、CO及びNOxの変換効率が50%に達した温度を評価し、摂動理論試験中、425における触媒HC、CO、NOx効率を評価した。

40

【0075】

ライトオフ（light-off）定常状態における効率評価の結果が以下の表に示されている。データは、触媒がエージングされ又は評価された時間順ではなくオイルの噴射量の小大の順に提供されている。

50

【 0 0 7 6 】

【 表 1 】

確認試験結果

コア	位置 インチ	時間	使用 した オイル mL	オイル mL/hr	P, wt%	統計 P, grams	P, mg/hr	リッチ定常状態			摂動理論空燃比		
								50%変換での 温度℃			425℃での 変換%		
								HC	CO	NO _x	HC	CO	NO _x
REF	N.A.	0	0	0	0	0	0				71	96	50
B4	30	25	500	20	0.11	0.476	19.05	374	310	314	88	98	52
B5	30	25	500	20	0.06	0.260	10.39	377	312	335	88	99	47
B4(avg. of 2)	30	50	1000	20	0.11	0.953	19.05	372	313	329	84	95	44
B5(avg. of 2)	30	50	1000	20	0.06	0.520	10.39	374	319	341	86	93	53
B1	56	37.5	3781	100.8	0.11	3.602	96.05	382	320	330	79	88	44

10

【 0 0 7 7 】

オイル噴射量の関数としての摂動理論試験からのHC、CO、NO_xについての触媒変換効率を求めた。HC及びCOに関し、最も少ないオイル射出量と最も多いオイル射出量との間に変換効率において約10%ポイントの減少が生じた。NO_xに関し、同一のオイル噴射範囲にわたり約5%ポイントの減少があった。0.11重量%の燐油と0.06重量%の燐油とには変換効率において差がある場合があったが、重量パーセント燐とは明らかな相関は無かったことに注目されたい。

20

【 0 0 7 8 】

50%変換効率がリッチライトオフ中にオイル噴射量の関数として得られた温度を求めた。上述の有効試験結果の表から理解できるように、HC、CO及びNO_xについて50%変換効率温度に僅かな上昇があったが、これは触媒がライトオフする能力が僅かに劣化したことを示唆している。しかしながら、この温度上昇は僅かであった。効率測定で理解されるように、0.11%燐含有オイルと0.06%燐含有オイルの間にはライトオフ温度に測定可能な差があるようには思われなかった。

30

【 0 0 7 9 】

一般に当業者により当然であると思われることは、触媒コンバータの触媒を毒する(その作用を損なう)のはオイル中の燐であるということである。このため、オイル噴射量が等しい場合、高い燐レベルのオイルが触媒をより大きな程度毒することが見込まれる。この傾向は上記の有効試験結果からは明白ではなかった。このように、少なくとも試験した範囲にわたり、漸変燐レベルについて実際に触媒性能に差があったかどうか、或いは本発明が実際のエンジン作動で見られる場合のある差を再現することができなかったかどうかについての疑問が生じる。触媒性能の差をより詳しく調査するため、各試験中に噴射された燐の量、重量%燐、オイル密度及びオイル噴射量から計算した。各試験についてオイル及び燐の全噴射量並びにオイル及び燐の噴射速度も又、上記有効試験結果の表に示されている。

40

【 0 0 8 0 】

HC、CO及びNO_xについてのそれぞれの摂動変換効率を噴射された燐の全質量の関数として求めた。燐質量の関数としての全排出ガスの変換効率と噴射されたオイルの噴射量の関数としての全排出ガスについての変換効率を比較すると、燐質量に対するプロットが消費したオイルのプロットで見られる場合よりもデータの分散の度合いが僅かに少ないことを示しているように思われる。この観察結果は、触媒を毒するのがオイル中の燐であるという仮定にお墨付きを与える。全燐質量の関数としてリッチライトオフ試験についての50%変換温度を求めた。先の実験例の場合よりもデータの分散の度合いの小さいことが分かった。

50

【 0 0 8 1 】

実験例 3

典型的なガソリン燃料エンジンの排気ガスを本発明のバーナシステムと比較するために試験を行った。図 9 は、両方とも僅かにリーン及び僅かにリッチな排気ガス A / F において C A フェーズ I I 燃料の同一バッチで動作する本発明のシステム (5 0 S C F M) とフォード 4 . 6 L , V - 8 エンジン (5 0 S C F M , 1 5 0 0 r p m , 9 0 ポンド - フィート , E G R 無し) について測定された未処理の排気ガス濃度を示している。A / F は、測定された未処理排気ガス組成及び燃料特性を用いて、即ち、当業者に周知の方法を用いて計算した。

【 0 0 8 2 】

図 9 は、本発明のシステムの排気ガスがフォード 4 . 6 L エンジンと比較して含んでいる T H C 及び N O _x レベルが非常に低いことを示している。C O レベルは、エンジンレベルの約 1 / 2 ~ 3 / 4 であり、C O ₂ 及び O ₂ は、ほぼ同一である (というのは、これら 2 つの要素は、主として燃焼条件ではなく A F R によって制御されるからである) 。T H C は、バーナが良好に揮発する安定した燃料の流れでは非常に効率が高く、しかもエンジンの場合のような部分燃焼を結果的にもたらす消炎領域が無いので低い。N O _x は低い、その理由は、N O _x が高い燃焼圧力の結果として生じるエンジンとは異なり、バーナがほぼ大気圧で動作するからである。それにもかかわらず、本発明のシステムの排気ガスは、潜在的な触媒毒の単に「キャリアガス」と考えられるので、エンジン排気ガスに十分類似したものと考えることができる。

【 0 0 8 3 】

実験例 4

本発明によって得られた結果と実際の内燃機関で得られた結果を比較するため、かかる結果をベック , D . C . (Beck, D.C.)、ゾマーズ , J . W . (Somers, J.W.) 及びディマジオ , C . L . (DiMaggio, C.L.) , "Axial Characterization of Catalytic Activity in Close-Coupled Lightoff and Underfloor Catalytic Converters", Applied Catalysis B: Environmental, Vol. 11(1977)pages 257-272, Elsevier Science B.V. (以下、「ベック」という) に記載された結果と比較した。ベック車は、クローズ結合型「ライトオフ」触媒コンバータがエンジンの各シリンダ列からの排気ガス中に設けられた 3 . 8 リットル V - 6 エンジンを搭載しており、これら触媒コンバータからの出口は、単一の床下コンバータを収容した単一の管内に結合されていた。ライトオフ触媒は、7 5 g / 1 立方フィートの使用量でパラジウムのみを含んでいた。この触媒は、実験例 2 の最初の表に記載されているように本発明の試験に用いられた触媒と類似していた。

【 0 0 8 4 】

燐は、触媒の上流側端部のところに一層多く集まる傾向がある。ベックでは、長さ 3 インチ (7 . 6 2 c m) のライトオフ触媒は、上流側フェースで始まる各々が厚さ 1 インチ (2 . 5 4 c m) の 3 つの区分に切断されていた。予想されるように、各区分に入っている燐は、前面からの距離につれて減少した。各区分の燐に関する分析結果の示すところによれば、上流側区分は、1 . 6 重量 % の燐を含み、中間部分は、0 . 9 重量 % の燐を含み、下流側区分は、0 . 2 5 重量 % の燐を含んでいた。ベック触媒からのサンプルを本発明の変換効率を求めるために用いた合成ガス反応システムと類似した合成ガス反応システムで変換効率について試験した。これらサンプルのウォームアップ性能をそれぞれ H C 、C O 、N O _x について理論空燃比及び 6 0 0 の状態で試験した。ベックは、燐毒作用の 3 つの互いに異なるレベルを持つ 3 つのサンプルからの変換効率をもたすが、これは燐の種々のレベルを用いた本発明の妥当性試験と同等である。更に、ベックは、「燐及び亜鉛の絶対濃度は大規模にエージングを行った他のコンバータシステムで見られる絶対濃度と矛盾しない」と記載しており、これはこの研究で用いられた車両が比較的公称の速度でオイルを消費したことを示唆している。この 5 6 , 0 0 0 マイルについてこの公称の暴露も又、3 7 . 5 時間の間、1 0 0 m l / 時の本発明の最大妥当性試験と同等であり、これは公称の暴露のほぼ 3 7 , 5 0 0 マイルと等価である。したがって、本発明の変換効率の結果

は、その研究及び本発明の妥当性試験における最大燃速度が共に約 50,000 マイルについての公称オイル消費量を表していると仮定して、ベック研究の変換効率結果と定量的に比較できるように思われる。

【0085】

2つの研究から燃が増大するHC、CO及びNO_xの変換効率を比較すると、両方のデータセットについてデータレンジにわたりHC効率が約10%低下している。CO効率については、この低下分は、両方のデータセットについて10%ポイント未満である。NO_x効率については、燃の増大につれて効率を減少させる全体的な傾向は、両方のデータセットについて同一であったが、ベック研究からのデータセットは、本発明のデータよりも減少分が僅かに大きい。本発明から得られたデータは又、ベックデータよりもNO_x効率が低いことを示している。全体として、データセットは、驚くほど類似しているように見え、このように、本発明が現場で見られるのと類似した燃毒作用データを生じさせることができるということを立証している。

【0086】

実験例 5

この作業の目的は、加速熱エージング中、バーナがエンジンによって生じた排気ガス温度、流量及びAFRをシミュレートできるFOCAS（登録商標）バーナシステム（必要ならばサブシステムを追加）について制御方法を開発することにあった。次に、バーナシステムがエンジンと同等の加速熱エージングをもたらすかどうかを確認することによりこの方法論の妥当性を立証した。研究の妥当性部分は、ゼネラルモータースのRAT-A（Rapid Aging Test version A）サイクルを用いてエージングを行った6つの同一の触媒相互間のエージングに関する差を吟味した。ガソリン燃料エンジンを用いて3つの触媒をエージングし、他の3つは、改造型FOCAS（登録商標）バーナシステムを用いた。両方のシステムは、同一の入口温度、AFRプロフィール及び触媒空間速度条件をもたらすようエンジン試験サイクル仕様に合わせて動作するようプログラムされていた。規定された間隔及びエージングの終わりににおける触媒性能を測定し、2つのシステム相互間で比較した。加えて、各システムの温度及びAFR制御のばらつき及び再現性を評価して比較した。

【0087】

この研究において基準点として用いられた1つの業界で受け入れられているエンジンを利用した触媒加速エージングサイクルは、ゼネラルモータースのRAT-A（Rapid Aging Test version A）サイクルである。RAT-AサイクルのシミュレーションをFOCAS（登録商標）バーナシステムについて行ってエンジンに対して行ったサイクル運転と比較した。バーナを用いるとエンジンによって生じたプロフィールと比較した場合に、触媒内部に非常に類似した熱プロフィールを生じさせることができるということが立証された。サーマルエクスカッション（thermal excursion）の形状を再現し、触媒中へのAFRを制御して再現できた。2つの違いを2つのシステム相互間で検討し、バーナシステム内の触媒に入る前に排気管中の反応体の幾分かの燃焼があったように思われたが、FOCAS（登録商標）バーナは、AFR制御がエンジンよりも非常に厳密であった。触媒の前に反応体を燃焼させた結果として、サーマルエクスカッション中、ピーク温度の場所が僅かに前方にシフトした。エンジン及びバーナにより得られる熱プロフィールが、各システムについての測定AFRと共に図11に示されている。

【0088】

次に、触媒をエージングするFOCAS（登録商標）バーナシステムを用いることにより類似性を試験した。プログラムの試験部分の間、6種類の触媒をRAT-Aサイクルで100時間かけてエージングしたが、3つはエンジンエージングスタンドで、3つはFOCAS（登録商標）バーナシステムでエージングした。指定された間隔及びエージングの終わりににおける触媒性能を測定し、2つのシステム相互間で比較した。加えて、各システムの温度及びAFR制御のばらつき及び再現性を評価して比較した。

【0089】

性能評価は、F T P (Federal Test Procedure : 米国政府試験手順) により規制対象の排出ガスを比較し、エンジンを利用した触媒性能評価リグを用いて触媒変換効率を排気ガス空燃比 (A F R) 及び触媒ライトオフ温度の関数として測定することから成っていた。F T P 排出ガスは、1998 年型ホンダアコード車を利用し、エンジンを利用した触媒性能評価はエンジンスタンドで行った。

【0090】

F T P 性能評価の示すところによれば、バーナとエンジンは同等のエージング効果をもたらし、その結果 T H C、C O 及び N O_x についての劣化要因は 2 つの方法論相互間で統計学的には違いが無かった。図 12 は、エージング前後におけるエンジンでエージングした触媒とバーナでエージングした触媒についての平均 F T P 性能を示している。エンジンを利用した触媒性能評価は、2 つの方法論が理論空燃比 (ガソリンエンジンが作動のために整調される場合) 近くでは、同等な結果をもたらすことを明らかにした。しかしながら、A F R は理論空燃比からリッチ側に逸れると、バーナエージングの結果として、T H C 及び C O についてより重度なエージング効果が生じたことが観察された (A F R での軽度 > 14.1 及び A F R でのより重度 < 14.05)。この効果の差は僅かであり、代表的な作動の場所からシフトするが、これは違いとして注目された。図 13 は、A F R 及び触媒使用時間の関数として測定 T H C 変換効率を示している。

【0091】

最終触媒評価では、触媒のコア採取を行い、表面積及び組成を分析した。2 つの分析作業は、表面積及び多孔度の評価のための B E T (Bruhaner-Emmett-Teller) 及び組成分析のための P I X E (Proton-Induced X-Ray Emissions) であった。B E T 試験は、基体及びウォッシュコート (washcoat) の表面積に関する情報をもたらす。この分析を熱劣化に相関させることができる。P I X E は、基体、ウォッシュコート及び触媒の表面上の付着物の組成に関する情報を提供する。P I X E 分析は、エンジンとバーナ相互間の触媒上の付着物の差に関する情報を提供することができる (これは、オイル無しのエージングを提供する)。触媒は、非常によく似たレベルのウォッシュコートで構成されているが、F O C A S (登録商標) エージング触媒にはオイルから生じた付着物が明らかに存在していないことが判明した。しかしながら、エンジンでエージングされた触媒上に見受けられるオイル付着物のレベルは僅かであり、恐らくはこれらは性能に影響を及ぼさなかったと考えられる。

【0092】

全体として、F O C A S (登録商標) バーナシステムは、エンジンエージングサイクルをシミュレートする融通性のある手段を提供すると共にエンジンサイクルに相当する熱エージング結果をもたらすことが判明した。事後分析の示すところによれば、F O C A S (登録商標) エージングは、非熱エージング (即ち、オイル付着物) が無い場合でも熱エージングをもたらし、それにより熱及び非熱エージング効果の限定的な隔離する手段を構成する。バーナを用いることにより、エージングのためのエンジンに関して得られる利点としては、A F R が非常にタイトであること (± 0.02 A F R)、安定 A F R 動作のレンジが非常に広いこと (8 : 1 ~ 25 : 1)、可動部品が少ないこと (ブロウ及び燃料計量弁) 及び設定値を達成するのに調整が最小限であることが挙げられる。また、バーナは、システム部品をそれほど損傷させないで非常に高温で動作することができ、このように、非常に高温でのサイクルの安価でリスクの低いシミュレーションに役立つ。

【0093】

実験例 6

7 つの一般的な設計基準 / ガイドラインが好ましい燃料噴射器を設計するために用いられた。これら判断基準は次の通りである。

1) 空気チャネル中の圧力が、燃料チャネル中の圧力よりも大きくはならず、又は燃料の流れが妨げられる。バーナの流れが定常状態であると仮定すれば (妥当な仮定)、次式が成り立つ。

【0094】

空気に関し： $(P_{1A} / A_{1A}) A_{2A} = P_{2A}$

燃料に関し： $(P_{1f} / A_{1f}) A_{2f} = P_{2f}$

【0095】

2) 所望の燃料入口圧力(燃料ポンプ仕様に基づく)は、 $40 \text{ psig} < P_f < 60 \text{ psig}$ である。

3) 燃料ジェットの領域は、所与の動作圧力範囲において所望の流量範囲を得るのに適当な燃料流量をもたらさなければならない。

4) 燃料穴のサイズは、標準型ドリルビットサイズでなければならず、しかも過度の困難さ無く、機械加工を容易にするほど大きくなければならない。

5) 燃料/空気スプレーは、バーナ火炎をできるだけ長く燃焼器壁から離れたままにするよう外側空気シュラウド収斂を得ることを目的とする必要がある。

10

【0096】

6) 燃料ジェット収斂箇所を空気シュラウドの後に差し向けることが必要である。 P_A を調節することにより、空気シュラウドに対する燃料スプレーの位置を変えることができる。

7) 燃料と空気ジェットの相互作用箇所を組合せ出口穴の中心に保って噴射器の内壁への燃料のスプレーの駆動を阻止する必要がある。これが原因となって滴下が生じたり噴射器のフェースのコーキングが生じることがある。

8) 霧化及び安定性の度合いを石英燃焼器を用いて目で確認した。評価は、火炎の青み(オレンジの火炎は煤を生じさせる条件を指示していた)、煤の生成の潜在的可能性(噴射器、燃焼器、熱交換器及び排気管を吟味することにより評価した)及び火炎の安定性(リニアAFRセンサを用いて評価した)に基づいていた。

20

【0097】

バーナは、主として理論空燃比で動作するように設計されているので、所要の全排気ガス流量及びエージングのために用いられる燃料の理論AFRを用いて所要の燃料流量を計算した。以下の分析は、全排気ガス量が 70 SCFM で理論空燃比で動作するバーナについての所要の燃料流量の計算結果を示している。

【0098】

$$m_{\text{exh}} = 70 \text{ SCFM} = 2.3015 \text{ kg / 分}$$

$$m_{\text{fuel}} = m_{\text{exh}} \times \text{AFR}_{\text{stoich}}^{-1} \times 1 \text{ ポンド} / 0.45359 \text{ kg} \times 60 \text{ 分} / \text{時}$$

$$m_{\text{fuel}} = 21.28 \text{ ポンド} / \text{時} \text{ (理論空燃比における)}$$

$$m_{\text{air}} = m_{\text{fuel}} \times (\text{AFR}_{\text{avg}} / \text{AFR}_{\text{stoich}})$$

$$\text{AFR}_{\text{avg}} = (16 / 60 \times 13) + (44 / 60 \times 14.4) = 14.03 \text{ RA}$$

T - A サイクル

$$m_{\text{air}} = 65.1 \text{ SCFM}$$

したがって、1サイクルでのバーナのエネルギー消費量は次の通りである。

$$Q = m_{\text{fuel}} \times \text{燃料のエネルギー内容量}$$

$$Q = m_{\text{fuel}} \times 18,400 \text{ BTU} / \text{ポンド} = 21.28 \text{ ポンド} / \text{時} \times \text{時} / 3600 \text{ 秒} \times$$

$$18,400 \text{ BTU} / \text{ポンド} \times 1.055 \text{ KJ} / \text{BTU}$$

$$Q = 115 \text{ kW}$$

40

【0099】

図20を参照すると、距離 l_1 は燃焼管の半径、 l_2 は燃焼管210の内壁と衝突するまでの距離である。距離 l_2 を、幾何学を用いて計算することができるが、この場合、燃料ジェット(これは、 l_2 を長くする傾向がある)及び内側スワールジェット242(これは、 l_2 を短くする傾向がある)との相互作用が得られるよう補正される。内側スワールジェット242は、最も大きなインパクトを持っている。 X 、 X についての最終角度は、燃料剪断及び霧化(これは低い X 、 X で改善される)の関数であり、燃料スプレーを図3の外側スワールジェット253が収斂する(スワールプレートのフェースから約4~5インチのところ)領域中に差し向けることにより燃焼管210の壁との接触を防止する。これら外側スワールジェット253は、火炎の最も高温の部分を燃焼管210の内壁か

50

ら離れたままにするのに役立ち、それにより、バーナが長期間にわたり理論空燃比で動作することができる。表 1 は、スワールジェット相互作用が有る場合と無い場合について燃焼スプレーと燃焼管 210 の壁との計算された衝撃距離を示している。これらデータから、2つの燃料噴射器、即ち、E - 62 及び E - 76 (番号は、角度 X, X (単位: °) を示している) を構成した。

10

【0100】

表 1

空気噴射角 X, X	相互作用が無い場合の計算 された衝撃距離 (インチ)	観察された衝撃 距離 (インチ)	中程度の相互作用が ある場合の計算 衝撃距離 (インチ)
60	2.75		2.5
61	2.88		2.57
62	3.03		2.64
63	3.18		2.71
64	3.34		2.8
65	3.52		2.89
66	3.71		2.98
67	3.92		3.08
68	4.14	3.25-3.5	3.2
69	4.38		3.32
70	4.65		3.45
71	4.95		3.6
72	5.27		3.76
73	5.63		3.94
74	6.04		4.14
75	6.5		4.37
76	7.02		4.64
77	7.62		4.94
78	8.32	5	5.29
79	9.15		5.7
80	10.13		6.19

20

30

40

【0101】

加速熱エージング中、バーナがエンジンによって生じた排気ガス温度、流量及び AFR をシミュレートできる FOCA S (登録商標) バーナシステム (必要ならばサブシステムを追加) について制御方法を開発するために実験を行った。バーナシステムがエンジンと同等の加速熱エージングをもたらすかどうかを確認することによりこの方法論の妥当性を立証した。研究の妥当性部分は、ゼネラルモータースの RAT - A (Rapid Aging Test version A) サイクルを用いてエージングを行った 6 つの同一の触媒相互間のエージングに

50

関する差を吟味した。ガソリン燃料エンジンを用いて3つの触媒をエージングし、他の3つは、改造型FOCAS（登録商標）バーナシステムを用いた。両方のシステムは、同一の入口温度、AFRプロファイル及び触媒空間速度条件をもたらすようエンジン試験サイクル仕様に合わせて動作するようプログラムされていた。規定された間隔及びエージングの終わりにおける触媒性能を測定し、2つのシステム相互間で比較した。加えて、各システムの温度及びAFR制御のばらつき及び再現性を評価して比較した。

【0102】

エンジンを利用した触媒性能評価リグを用いてこれらシステムのベースライン性能を試験した。触媒性能は、排気ガス空燃比及び排気ガス温度の関数として測定される。RAT-Aエンジンエージングサイクルで4時間にわたり動作することにより触媒をデグリーン（degreen）した。次に、各触媒の性能を再評価した。次に、各システムを自動車に据え付け、2種類のFTP（Federal Test Procedures）評価を行った。FTPは、自動車の排出ガス及び燃費を証明するために用いられるシャシを利用した自動車の排出ガス試験サイクルである。FTPサイクルからの排出ガスは、車両の形式に従ってEPAによって規制されている。最も近い性能を持つ6種類の触媒を選択し、ランダムにエンジン又はバーナによるエージングを行うよう割り当てた。7番目の触媒は、「セットアップ」触媒であった。

【0103】

試験装置及び手順

フィリップス（Phillips）66から得た認可等級のカリフォルニアフェーズII（California Phase II）ガソリンを全ての自動車の試験にわたり試験用燃料として用いた。以下の表は、この燃料の供給業者による分析を記載している。

【0104】

品目	仕 様		供給業者の分析
	ASTM	無鉛	
オクタン，リサーチ	D2699	93（最小）	97.7
感度		7.5（最小）	10.3
Pb（有機），g/U.S.gal	D3237	0.050	NR
蒸留範囲：			
IBPEF	D86	75-95	104
10%ポイント，EF	D86	130-150	143
50%ポイント，EF	D86	200-230	206
90%ポイント，EF	D86	290-310	292
EP,EF	D86	390（最大）	375
硫黄（重量%）	D1266	0.10（最大）	31
燐，g/U.S.gal	D3231	0.005（最大）	0.001
RVP(psi)	D323	6.7-7.0	6.8
炭化水素組成：			
芳香族炭化水素（%）	D1319	23-25（最大）	23.5
オレフィン（%）	D1319	4-6（最大）	5.95
飽和脂肪酸（%）	D1319	a	---
a: 残部			
NR- 記録なし(No Reported)			

【0105】

エージング及び性能評価のためにポンプ等級のカリフォルニアフェーズIIガソリンを用いた。2種類の燃料の差は、ポンプ等級がエンジン付着物の発生を阻止する洗浄剤を含んでいたということであった。

【0106】

A. シャシ力量計試験

UDDS（Urban Dynamometer Driving Schedule）を利用するEPA連邦試験手順（F

10

20

30

40

50

FTP)に従って全ての排出ガス試験を行った。UDDSは、ロサンゼルススモッグ発生運転条件をシャシ力量計動作に変換するよう種々のグループによる10年を超える努力の結果であり、19.7 mphの平均速度で1,372秒で7.5マイルをカバーする非繰り返し運転サイクルである。その最高速度は、56.7 mphである。

【0107】

FTPは、低温始動505秒低温過渡的フェーズ(バッグ1)を行い、直後に、867秒安定化フェーズ(バッグ2)を行うことから成っていた。安定化フェーズに続き、自動車は、エンジンを止めた状態で10分間のソーキングを行い、その後高温始動505秒高温過渡的フェーズ(バッグ3)を行って試験を完了させた。3バッグFTPに関し、走行距離は、平均速度が21.6 mphで11.1マイルであった。容積形ポンプを用いて自動車の排気ガスを集め、希薄し、そして既知の一定の体積流量まで濾過したバックグラウンド空気と完全混合させた。この手順は、CVS(Constant Volume Sampling:定容量サンプリング)法と呼ばれている。希薄排気ガスの比例サンプルを試験の終わりでの分析のためにサンプルバッグ内に集めた。排出ガスを数学的に重みづけして、低温及び高温始動から得られた幾つかの7.5マイルトリップの平均量を表した。FTP運転サイクルの500及び867フェーズの速度と時間を表したグラフ図が図14に示されている。サイクル持続時間、運転距離及び平均速度の概要が以下の表に与えられている。

【0108】

セグメント	持続時間(秒)	距離(マイル)	平均速度(mph)
過渡的フェーズ	505	3.60	25.7
安定化フェーズ	867	3.90	16.2
UDDS合計	1372	7.50	19.7
(FTPサイクルは、UDDS + 高温始動過渡的フェーズ505)			

【0109】

自動車がサイクル全体にわたって動作しているとき、FTPからの排出ガスは、自動車及び排出ガス制御システムのウォームアップの効果をカバーする。「安定化」フェーズは、完全ウォームアップ又は安定化自動車及び排出ガス制御システムからの排気ガスを生じさせる。「高温始動」又は「高温過渡的」フェーズ排出ガスが、自動車及び排出ガス制御システムが作動中に安定化した後自動車を始動させたときに結果として生じ、これらは10分間かけてソーキングを行う(作動を停止させる)。

【0110】

68°F ~ 86°F(20 ~ 30)の周囲温度条件でFTPからの重みづけされた全排出ガスは、EPAによって規制される。低温条件(20°F(-6.67))でのFTPについての唯一の大気汚染物質は、一酸化炭素(CO)である。乗用車に関する階層1低温COレベルは、10.0 g/マイルである。1998年型ライトデューティ乗用車(中間寿命-50,000マイル)についてのカリフォルニアULEV排気ガス基準(試験用車両が認可された基準)は、次の通りである。

MMOG: 0.04 g/マイル
CO: 1.7 g/マイル
NO_x: 0.2 g/マイル

【0111】

EPA・FTP-75についての重み付けされた総質量等価排出ガスは、以下の式を用いて米国のEPA規制(40 CFR 86.144-90)において必要とされるように計算されている。

【0112】

$$\begin{aligned} \text{重み付けされた g/マイル} = & 0.43 \times \frac{\text{フェーズ1グラム} + \text{フェーズ2グラム}}{\text{フェーズ1マイル} + \text{フェーズ2マイル}} \\ & + 0.57 \times \frac{\text{フェーズ1グラム} + \text{フェーズ2グラム}}{\text{フェーズ3マイル} + \text{フェーズ2マイル}} \end{aligned}$$

【0113】

各エージングセットを完了した後、触媒を試験用車両に取り付け、FTP試験サイクルにわたって再テストして劣化情報を得た。次に、エージング前後におけるFTP結果を比較して各触媒について劣化要因を定量化した。触媒及びエージング条件によって平均化されたFTP結果が表11示されている。

10

【0114】

表 1 1

エージング前後における低温バッグ及び重み付けされたFTP結果
試験ID 触媒 エージング始動 排出ガス(グラム) 燃費(MPG)

20

		THC	NMHC	CO	NOx	
FTP バッグ1						
エンジン触媒-E1	0 時間	0.75	0.70	5.72	1.84	22.3
エンジン触媒-E2	0 時間	0.76	0.71	6.36	1.58	22.4
エンジン触媒-E3	0 時間	0.67	0.62	5.23	1.66	22.6
FOCAS (登録商標)						
触媒-B1	0 時間	0.73	0.68	5.30	1.58	22.7
FOCAS (登録商標)						
触媒-B2	0 時間	0.78	0.73	6.68	1.56	22.2
FOCAS (登録商標)						
触媒-B3	0 時間	0.76	0.70	6.03	1.71	22.5
エンジン触媒-E1	100時間	0.94	0.87	8.49	2.47	23.2
エンジン触媒-E2	100時間	0.94	0.85	8.63	2.65	22.8
エンジン触媒-E3	100時間	0.99	0.91	8.70	2.56	22.9
FOCAS (登録商標)						
触媒-B1	100時間	0.95	0.89	7.93	2.62	22.6
FOCAS (登録商標)						
触媒-B2	100時間	1.01	0.94	8.10	2.44	22.3
FOCAS (登録商標)						
触媒-B3	100時間	1.05	0.98	8.87	2.63	22.1

30

40

重み付けFTP 排出ガス結果(g/mi)		重み付けFE(mpg)				
エンジン触媒-E1	0 時間	0.050	0.044	0.387	0.168	23.2
エンジン触媒-E2	0 時間	0.050	0.045	0.442	0.151	23.3
エンジン触媒-E3	0 時間	0.045	0.040	0.381	0.154	23.4
FOCAS (登録商標)						
触媒-B1	0 時間	0.048	0.042	0.409	0.151	23.5
FOCAS (登録商標)						
触媒-B2	0 時間	0.052	0.046	0.503	0.149	23.2
FOCAS (登録商標)						
触媒-B3	0 時間	0.050	0.044	0.461	0.146	23.5

50

エンジン触媒-E1	100 時間	0.069	0.058	0.695	0.253	24.1
エンジン触媒-E2	100 時間	0.067	0.055	0.738	0.257	23.8
エンジン触媒-E3	100 時間	0.070	0.060	0.631	0.249	23.0
FOCAS (登録商標)						
触媒-B1	100 時間	0.068	0.058	0.579	0.252	23.5
FOCAS (登録商標)						
触媒-B2	100 時間	0.075	0.062	0.732	0.268	23.3
FOCAS (登録商標)						
触媒-B3	100 時間	0.073	0.062	0.698	0.279	23.0

【0115】

10

図15は、エージング前後における全てのFTP試験についての累積テールパイプ（尾管）質量炭化水素（THC）を示している。図15Aは、エージングされた結果が図15Cに与えられているデグリーン済み触媒である。図15Bは、エージングされた結果が図15Dに示されてるデグリーン済み触媒である。低温始動中の供給ガスTHCを厳密に吟味して明らかになることは、テールパイプのばらつきを引き起こすものはエンジン出口側でのばらつきである。次に、モータール排出ガスを用いて自動車の空燃比（AFR）を計算した。

【0116】

図16は、エージング前後におけるコンバータについての重み付けされたFTP排出ガスの比較を示している。図17は、エンジンでエージングした触媒の平均性能をバーナでエージングした触媒の平均性能と比較している。THCには幾分かの劣化があったが、最も大きなインパクトは、NO_x質量排出ガスについてであった（主として、自動車上での触媒の位置決めに起因している）。また、触媒の両方の組みについて非常に類似した劣化に関するインパクトがあるように思われる。表12は、エージングのタイプによる規制された排出ガスの各々についての計算された劣化要因を記載している。以下の式を用いて劣化要因を各触媒の平均性能から計算した。

20

【0117】

$$1 + (M_{\text{aged}} - M_{\text{unaged}}) / M_{\text{unaged}}$$

【0118】

表12

30

触媒グループによる性能劣化要因

触媒グループ	劣化要因		
	NMHC	CO	NOx
触媒E1	1.31	1.79	1.50
触媒E2	1.24	1.67	1.70
触媒E3	1.57	1.92	1.74
平均エンジンエージ	1.37	1.80	1.65
劣化の標準偏差	0.18	0.13	0.13
触媒B1	1.38	1.42	1.67
触媒B2	1.30	1.25	1.67
触媒B3	1.43	1.51	1.92
平均バーナエージング	1.37	1.39	1.75
劣化の標準偏差	0.06	0.13	0.14

40

【0119】

表12を検討して示されることは、両方のエージング方法がNMHC大気排出ガスに対し同程度の衝撃を生じさせているが、バーナでエージングした触媒は、計算された劣化においてばらつきが少なかった。また、NO_x劣化要因には差があるように思われるが、この差は統計学的に有意では無かった。また、各触媒のNO_x性能を吟味する際、触媒B3は、NO_x性能がより低いように思われ、NO_xについては最も大きな劣化を生じたことが分かる。この性能の異常値は又、AFRスイープデータ中に見られ、次の項目で説明する

50

。

【 0 1 2 0 】

B . 加速熱エージングサイクル

この作業で用いられた加速熱エージング手順は、次の刊行物、即ち、シムズ、G . (Sims, G.) , スジョーリ、S . (Sjahri, S.) , "Catalyst Performance Study Using Taguchi Methods," SAE881589 ; セイス、J . (Theis, J.) , "Catalytic Converter Diagnosis Using the catalyst Exotherm," SAE94058 ; ボール、D . (Ball, D.) , モハンメド、A . (Mohammed, A.) , シュミット、W . (Schmidt, W.) , "Application of Accelerated Rapid Aging Test(RAT) Schedules with Poisons: The Effects of Oil Derived Poisons, Thermal Degradation, and Catalyst Volume on FTP Emissions, SAE972846に 10
記載されている。かかる刊行物の各々を本明細書の一部を形成するものとしてここに引用する。ゼネラルモータースの R A T - A (Rapid Aging Test version A) サイクルを利用した。G M ・ R A T - A サイクルでの 1 0 0 時間のエージングを、或るプラットホームについて路上運転の 1 0 0 , 0 0 0 マイルに相関させたが、実験的なコンポーネント及び他のプラットホームでの正確なマイルと時間の相関は未知である。しかしながら、G M ・ R A T - A サイクルについての 1 0 0 時間のエージングは、業界により認可された或るレベルの耐久性を立証している。以下の表は、G M ・ R A T - A でのエージングスケジュールの概要を示している。

【 0 1 2 1 】

モード番号	説明	パラメータ仕様	モード長さ (秒)	
1	閉ループ、理論AFR	入口温度=800	40	
2	開ループ 燃料リッチ運転、 出力強化 (高力)	AFR ~ 13:1 (3%CO使用)	6	
3	開ループ、燃料リッチ運転 空気噴射付き	AFR ~ 13.1 (3%CO使用) O ₂ = 3% (160 ~ 200 発熱 - エンジンをまず最初に設定し、 バーナをこれにマッチする ように設定した)	10	20
4	閉ループ、理論AFR 空気噴射付き	連続空気噴射によるエンジン (バーナからの理論排出ガス)	4	30

段階 3 における発熱は、触媒の中心線上で深さ 1 インチのところで測定される。

【 0 1 2 2 】

上記スケジュールは、排気ガス及び触媒条件を記載しており、エンジンがこれら条件を達成するかを特定しておらず、したがって、エンジンエージングをセットアップするために用いられる同一の仕様は、バーナエージングをセットアップするために用いられた。エージング中、排出ガス A F R 温度並びに触媒温度を 1 H z でモニタし、事後処理のためにファイルに格納した。 40

【 0 1 2 3 】

C . 試験用車両

このプログラムのための試験用車両は、カリフォルニア U L E V 規格に照らして認可された 2 . 3 L 4 気筒 V P E C エンジンを搭載した 1 9 9 8 年型ホンダアコードであった。以下の表は、自動車に関する情報及び排出ガス証明データを記載している。

【 0 1 2 4 】

VIN	1HGCG6672WA165200
エンジン説明	2.3L SOHC I-4 16-バルブVTEC
エンジン番号	F23A4-1016788
エンジン型式	WHNXV02.3PL4

トランスミッション	4速オートマチック
慣性重量 (ポンド)	3375
市街走行燃費 (保証)	23MPG
高速道路走行燃費 (保証)	30MPG
排出ガス保証レベル	1998 年カリフォルニアULEV
50,000マイルでのFTP 保証排出ガスレベル(g / マイル)	
NMOG	0.0249
NOx	0.0594
CO	0.2919

【 0 1 2 5 】

10

E . 試験用触媒

用いた触媒は、1997年型ホンダシビックULEV生産に用いられる触媒であった。これら触媒に関する過去の経験の示すところによれば、これら触媒は、非常に再現性の高い結果を生じ、非常に厳密な仕様通りに生産されるように思われる。シビックULEV触媒は、マニホールド取付け型であって、排気マニホールドに取り付けられた状態で供給される。部品を受け取った後、触媒を元の取付け状態から取り外し、次に「分解」キャニスタ内に収納し、それにより、エージング及び性能試験スタンド上への容易な取付け及び自動車上での触媒の位置の選択が可能になっている。触媒中への排気ガスの温度を減少させるために触媒の位置をマニホールドマウントから車体底部に移したが、これは低温始動ライトオフ（作動開始）を遅らせることが必要である。このプログラムの目的は、2つのエージング法相互間の熱的非活性化の影響を注意深く比較することにあるので、ライトオフの遅延は、触媒エージングにおけるばらつきをより正確に識別する際に有利であることが分かるはずである。

20

【 0 1 2 6 】

F . エンジンエージングスタンド

フォード7.5L, V-8エンジンをを用いてエージングを行った。エージング中、オイル消費量も又モニタした。

【 0 1 2 7 】

G . F O C A S (登録商標)リグ

F O C A S (登録商標)リグのバーナは、融通性のある燃料装置であり、ガソリンで動作するよう設定されていた。バーナに送られる空気流量は、オペレータによってあらかじめ設定され、試験全体を通じて変化しなかった。コンピュータは、エアアシステッド噴射システムに送られる燃料を改質することによりバーナAFRを制御した。バーナシステムは、非常に安定した定常状態の定圧燃焼を生じさせたが、この燃焼は、ガソリンを用いた場合、大きなターンダウン比で動作することができた（AFR作動範囲は、8:1~25:1である）。理論空燃比での連続運転を、少なくとも200時間、好ましくは1,500時間以上にわたり最小の保守で行うことができた。バーナ作動を調節すると、20~70SCFM（この作業では50SCFMで作動した）の流量を達成し、リグは、低温始動の効果をエージングサイクルに容易に追加できるようあらかじめプログラムされた低温始動シミュレーションモードを有している。

30

40

【 0 1 2 8 】

図9は、両方とも僅かにリーン及び僅かにリッチな定常状態排気ガスA/F（アーバン（Urban）A/F法を用いて測定した）においてCAフェーズII燃料の同一バッチで動作するF O C A S (登録商標)システム（50SCFM）とフォード4.6L, V-8エンジン（50SCFM, 1500rpm, 90ポンド・フィート, EGR無し）について測定された未処理の排気ガス濃度を示している。アーバンAFR計算法は、測定された未処理の排気ガス組成及び燃料特性を用いて排気ガスAFRを計算する。

【 0 1 2 9 】

図9は、F O C A S (登録商標)リグ排気ガスがフォード4.6Lエンジンと比較して含んでいるTHC及びNO_xレベルが非常に低いことを示している。COレベルは、エン

50

ジンレベルの約 $1/2 \sim 3/4$ であり、 CO_2 及び O_2 は、ほぼ同一である（というのは、これら 2 つの要素は、主として燃焼条件ではなく AFR によって制御されるからである）。THC は、バーナが良好に揮発する安定した燃料の流れでは非常に効率がよく、しかもエンジンの場合のような部分燃焼を結果的にもたらず消炎領域が無いので低い。 NO_x は低い、その理由は、 NO_x が高い燃焼圧力及びこれに対応して高いピーク燃焼温度の結果として生じるエンジンとは異なり、バーナがほぼ大気圧で動作するからである。

【0130】

F O C A S（登録商標）リグ用の制御システムは、SCXI シャシに接続されたタッチスクリーンモニタ及びマルチファンクションDAQカードを搭載したLabVIEW-プログラム済みPCから成っており、SCXI シャシは、SCXI 1120 多重化モジュール、1つの貫通パネル及びシステム情報をモニタして記憶し、システムエレクトロニクスを制御するSCXI 1160 “リレーモジュール”を保持している。コンピュータインタフェースを用いて、オペレータは、電力をブロワ及び燃料ポンプに切り換えることができると共にエアアシスト燃料噴射器、バーナ火花、オイル噴射及び補助空気を制御することができ、これらは全て指のタッチで行われる。

【0131】

システム温度、バーナ空気に関する空気質量流量及びバーナAFRを測定して工学ユニットに変換した。ソフトウェアは、測定されたデータを用いて総排気ガス流量及びバーナAFRを計算し、システム誤動作を表す条件をチェックする。バーナAFRを開ループ又は閉ループのいずれかとして制御することができ、指定されたA/Fを維持する。バーナに送られる燃料の量を変える（一定の周波数制御波形のパルスデューティサイクルを変更することによりA/F制御を達成する。必要な場合にはいつでも、オペレータが一定の燃料噴射器パルスデューティサイクル（パルス幅）を入力することができるようにして開ループ制御を達成した。実際のバーナA/Fを測定し（UEGOセンサを用いて）、測定値をA/F設定値と比較し、次に燃料噴射器デューティサイクルを調整して測定された誤差を補正することにより閉ループ制御を達成した。プログラムのフロントパネルは、ユーザがエージングサイクルを入力することができると共に単一のスクリーンを用いて試験を行うことができるよう設計されていた。コントローラは、作動し易くすることができるようにするために「自動始動」及び「自動停止」オプションを備えていた。バーナ燃料を作動させた後、バーナを自動的に初期化して、誤動作があるかどうかについてバーナをモニタした。試験が進行中であつたが、プログラムは、データを4Hzで集め、データを0.5Hzで記憶し、触媒入口、触媒層及び出口温度並びに測定されたA/F比を1Hzで表示し、それによりオペレータがシステムの全体的な安定性を検討することができるようにした。

【0132】

図18は、制御ソフトウェアのフロントパネルを示している。フロントパネルは、実際の試験システムのレイアウト並びにこのシステム中の各個所における測定データの場所及び値を示していた。長期間にわたって使わないで放って置いたままのガソリン燃料バーナを作動させる上での潜在的な危険性により、システムは、システム誤動作があるかどうかをチェックする3つの内蔵安全性限度を用いた。第1に、熱交換器出口は、燃料噴射の作動後、4秒以内に100℃を超える温度に到達しなければならず、しかも作動中、最小安全性設定値レベルを維持しなければならず、これは、バーナに正しく点火し、バーナが点火状態を保つことを指示した。第3の設定値は、触媒が実験部分にとって有害な温度にはないことを確かめるために触媒層温度をチェックした。安全性設定値のうちいずれが損なわれても、コンピュータは、全ての試験システムの動作を停止させ、ブロワを切り換えてバーナヘッド内への2分間の N_2 パージを作動させ（バーナの火を消し、未燃燃料を N_2 中に浮遊させ、それにより試験部品中での大規模な発熱を阻止する）、システムの作動を停止させた条件を日付及び時間並びに安全性が損なわれた後、10分間の間に4Hzで記録されたデータと共に記載する明るい赤色のスクリーンを表示するようプログラムされていた。加えて、 N_2 パージシステムも又作動させ、停電が検出されると安全のための作動停

10

20

30

40

50

止を行い、それにより問題の天候条件中にリグを作動させるのを安全にした。

【 0 1 3 3 】

B . F O C A S (登録商標) リグでの R A T - A シミュレーション

R A T - A サイクルは、主として定常状態理論空燃比作動及び短いサーマルエクスカージョン(仕様は上述した)という特徴がある。リッチで作動させ、触媒の前に二次空気(約3%酸素 O_2)を噴射しながら約3%の一酸化炭素(CO)を生じさせることによりサーマルエクスカージョンを作った。過剰の還元体と酸化体は、触媒中で反応し、熱の形態の化学エネルギーを放出した。触媒の入口温度及び排気ガス流量も又試験サイクルのセットアップを特定するために用いた。流量は、 $scfm$ という単位で指定され、この作業では $70scfm$ が用いられた。

10

【 0 1 3 4 】

エンジンに関し、エンジン速度を調節することにより流れの仕様をセットアップした。触媒の入口のところでガス温度は、サイクルの定常状態理論空燃比部分中でエンジン負荷(スロットル位置)を調節することにより達成した。サイクルのリッチ部分中、エンジン作動A F Rを調節し、空気噴射を調節して3% CO 及び O_2 仕様を達成することによりサーマルエクスカージョンを作った。

【 0 1 3 5 】

バーナに関し、バーナバイパス弁の設定を変えることにより流量を修正し、触媒入口温度を調整するのに熱交換器ユニットの数、ユニットを通る流量及び熱交換器の出口と触媒入口との間の排気部分の空気冷却を増減させた。粗いガス入口温度制御を熱交換器で達成し、他方、微制御は、排気部分の空気冷却から行った。

20

【 0 1 3 6 】

図19は、エンジン及びバーナエージング中の測定された排気ガス及び触媒層温度を示している。エンジン及びバーナ出口での測定されたA F Rも示されている。左上の隅は、エンジンに関するR A T - A サイクルを示し、右上の隅は、F O C A S (登録商標)でのR A T - A サイクルを示している。下の2つのグラフは、直接互いに比較されるバーナ特性とエンジン特性を示している。出口熱電対は、僅かに異なる場所にあり、比較されるべきではない。

【 0 1 3 7 】

右下のグラフは、サイクル中における触媒入口温度と触媒層温度の比較を示している。触媒層温度は、2つのエージングシステム相互間では非常に近接していた。しかしながら、燃料切断及び空気噴射の効果は、2つのシステム相互間で互いに異なる入口温度プロフィールを生じさせた。バーナは、温度の低下を迅速に示した(リッチエクスカージョンに移行)が、サイクルの空気部分ではリッチ中、触媒中へ高い温度を示した。これは、反応体のうち何割かが触媒に入る前に管内で燃焼していることを示すものであった。この燃焼は、空気が2つのシステム相互間で噴射される仕方の違いの結果であり、その結果、1つの効果が生じ、その潜在的なインパクトは完全には理解されていない。効果は、触媒中のピーク温度がエンジン触媒中の1.0インチとは対照的に、バーナ触媒中で0.5インチで観察されたということにある(図19Aと図19Bを比較のこと)。図19Cは、測定された排気ガスA F R及び触媒層温度を示している(深さ1.0インチ)。A F R制御を比較すると、バーナは、エンジンよりもA F R制御が非常に厳密であるということが理解できる。グラフで注目された他の特性は、サーマルエクスカージョン中、バーナがエンジンよりもリッチになったということである。これは、管内での燃焼に打ち勝ち、サーマルエクスカージョン触媒中に維持するのに必要であった。全体的に考えて、反応体を生じさせ、2つのシステム相互間で結果的に触媒層温度を生じさせる能力の差は非常に小さかった。

30

40

【 0 1 3 8 】

しかしながら、プログラムが進行するにつれてバーナシステムの問題として現れ始めた1つの制御要因があった。問題は、毎日昼夜触媒入口温度に僅かなばらつきがあったということである。この問題の原因は、熱交換器と触媒入口との間の部分の空気冷却のばらつ

50

きにあると思われた。微調整した触媒入口温度を、排気ガス断熱材の量及び各試験の開始時における冷却ファンの配置場所を変えることにより制御した。しかしながら、試験が進行するにつれ、冷却塔水のばらつき及び新しいセル内での空気条件は、実質的に昼夜及び毎日変化する条件を生じさせたことが判明した。これにより、触媒入口温度は最高20まで変化することができた。この理由で、閉ループファン制御装置を構成してFOCAS（登録商標）コントローラ中に埋設した。図10は、触媒入口温度によって生じた閉ループファン制御装置の略図を示している。コントローラの出力は、冷却ファンの速度をオフから低に、そして高に変化させる。

【0139】

実験例 6

10

7つの一般的な設計基準／ガイドラインが好ましい燃料噴射器を設計するために用いられた。これら判断基準は次の通りである。

1) 空気チャネル中の圧力が、燃料チャネル中の圧力よりも大きくはならず、又は燃料の流れが妨げられる。バーナの流れが定常状態であると仮定すれば（妥当な仮定）、次式が成り立つ。

空気に関し： $(P_{1A} / A_{1A}) A_{2A} = P_{2A}$

燃料に関し： $(P_{1f} / A_{1f}) A_{2f} = P_{2f}$

【0140】

2) 所望の燃料入口圧力（燃料ポンプ仕様に基づく）は、 $40 \text{ psig} < P_f < 60 \text{ psig}$ である。

20

3) 燃料ジェットの領域は、所与の動作圧力範囲において所望の流量範囲を得るのに適当な燃料流量をもたらさなければならない。

4) 燃料穴のサイズは、標準型ドリルビットサイズでなければならず、しかも過度の困難さ無く、機械加工を容易にするほど大きくなければならない。

5) 燃料／空気スプレーは、バーナ火炎をできるだけ長く燃焼器壁から離れたままにするよう外側空気シュラウド収斂を得ることを目的とする必要がある。

【0141】

6) 燃料ジェット収斂箇所を空気シュラウドの後に差し向けることが必要である。 P_A を調節することにより、空気シュラウドに対する燃料スプレーの位置を変えることができる。

30

7) 燃料と空気ジェットの相互作用箇所を組合せ出口穴の中心に保って噴射器の内壁への燃料のスプレーの駆動を阻止する必要がある。これが原因となって滴下が生じたり噴射器のフェースのコーキングが生じることがある。

8) 霧化及び安定性の度合いを石英燃焼器を用いて目で確認した。評価は、火炎の青み（オレンジの火炎は煤を生じさせる条件を指示していた）、煤の生成の潜在的可能性（噴射器、燃焼器、熱交換器及び排気管を吟味することにより評価した）及び火炎の安定性（リニアAFRセンサを用いて評価した）に基づいていた。

【0142】

バーナは、主として理論空燃比で動作するように設計されているので、所要の全排気ガス流量及びエージングのために用いられる燃料の理論AFRを用いて所要の燃料流量を計算した。以下の分析は、全排気ガス量が70SCFMで理論空燃比で動作するバーナについての所要の燃料流量の計算結果を示している。

40

【0143】

$$m_{\text{exh}} = 70 \text{ SCFM} = 2.3015 \text{ kg / 分}$$

$$m_{\text{fuel}} = m_{\text{exh}} \times \text{AFR}_{\text{stoich}}^{-1} \times 1 \text{ ポンド} / 0.45359 \text{ kg} \times 60 \text{ 分} / \text{時}$$

$$m_{\text{fuel}} = 21.28 \text{ ポンド} / \text{時} \text{ (理論空燃比における)}$$

$$m_{\text{air}} = m_{\text{fuel}} \times (\text{AFR}_{\text{avg}} / \text{AFR}_{\text{stoich}})$$

$$\text{AFR}_{\text{avg}} = (16 / 60 \times 13) + (44 / 60 \times 14.4) = 14.03 \text{ RA}$$

T - A サイクル

$$m_{\text{air}} = 65.1 \text{ SCFM}$$

50

したがって、1サイクルでのバーナのエネルギー消費量は次の通りである。

$$Q = m_{\text{fuel}} \times \text{燃料のエネルギー内容量}$$

$$Q = m_{\text{fuel}} \times 18,400 \text{ BTU} / \text{ポンド} = 21.28 \text{ ポンド} / \text{時} \times \text{時} / 3600 \text{ 秒} \times 18,400 \text{ BTU} / \text{ポンド} \times 1.055 \text{ KJ} / \text{BTU}$$

$$Q = 115 \text{ kW}$$

【0144】

図20を参照すると、距離 l_1 は、燃焼管210の半径、 l_2 は、その壁と衝突するまでの距離である。距離 l_2 を、幾何学を用いて計算することができるが、この場合、燃料ジェット（これは、 l_2 を長くする傾向がある）及び内側スワールジェット242（これは、 l_2 を短くする傾向がある）との相互作用が得られるよう補正される。内側スワールジェット242は、最も大きなインパクトを持っている。 X 、 X についての最終角度は、燃料剪断及び霧化（これは低い X 、 X で改善される）の関数であり、燃料スプレーを図3の外側スワールジェット253が収斂する（スワールプレートのフェースから約4～5インチのところ）領域中に差し向けることにより燃焼管210の壁との接触を防止する。これら外側スワールジェット253は、火炎の最も高温の部分を燃焼管210の内壁から離れたままにするのに役立ち、それにより、バーナが長期間にわたり理論空燃比で動作することができる。表1は、スワールジェット相互作用が有る場合と無い場合について燃焼スプレーと燃焼管210の壁との計算された衝撃距離を示している。これらデータから、2つの燃料噴射器、即ち、E-62及びE-76（番号は、角度 X 、 X （単位：°）を示している）を構成した。

【0145】

表 1

空気噴射角 X 、 X	相互作用が無い場合の計算 された衝撃距離（インチ）	観察された衝撃 距離（インチ）	中程度の相互作用が ある場合の計算 衝撃距離（インチ）
60	2.75		2.5
61	2.88		2.57
62	3.03		2.64
63	3.18		2.71
64	3.34		2.8
65	3.52		2.89
66	3.71		2.98
67	3.92		3.08
68	4.14	3.25-3.5	3.2
69	4.38		3.32
70	4.65		3.45
71	4.95		3.6
72	5.27		3.76
73	5.63		3.94
74	6.04		4.14
75	6.5		4.37
76	7.02		4.64
77	7.62		4.94
78	8.32	5	5.29
79	9.15		5.7
80	10.13		6.19

これらデータから、62°及び76°の角度 °で2つの燃料噴射器を構成した（以下、それぞれ“E-62”及び“E-76”という場合がある）。噴射器を構成した後、これら噴射器をFOCAS（登録商標）リグで試験した。3つの基準、即ち、排気ガス中の煙、燃焼器、熱交換器及び触媒に付着したすすの目視尺度、火炎の見かけ（青み及び透明

度)及び火炎とバーナ壁との衝突場所を用いて火炎の品質を評価した。加えて、火炎の安定性を目で見てそしてUEGOセンサを用いた測定AFRフィードバックにより評価した。燃焼の完全さも又、70scfm及び理論空燃比で触媒中の発熱を測定することにより定量化した。触媒中の発熱は、未燃燃料のレベルの標識であった。これら条件でのガソリンエンジンの場合、触媒発熱(この試験用触媒を用いた場合)は、約60であった。最終のFOCAS(登録商標)噴射器は、約50～60の発熱をもたらした。目視分析中におけるバーナの条件は以下のとおりであった。

【0146】

	E - 68 - 062	E - 76 - 062
燃料噴射圧:	50 psig	50 psig
空気噴射圧:	100 psig	55 psig
バーナ流量:	70 scfm	70 scfm

10

【0147】

これら火炎の両方の目視品質は、非常に受け入れることができるものであった(さすが生じず、煙も生じなかった)、触媒層温度は、許容範囲内にあった。E - 68 - 062は、優れた霧化を表す非常に青みがかった火炎を示したが、この火炎はスワールプレートに非常に近接したところで壁に当たり、経験の示すところによれば、この種の衝突は、バーナ壁を損傷させるものである。これが原因となって、E - 76 - 062を用いたが、これは、青み及び透明度について同程度に高い火炎品質を生じなかったが、火炎とバーナ壁との衝突を燃焼器壁を損傷させない領域まで延長させた。ある程度の火炎品質が燃焼器の耐久性を得るために犠牲にされたが、E - 76 - 062は、試験した市販の噴射器と比較して青み及び透明度に関し非常に高い品質の火炎を示した。

20

【0148】

図21は、計算された燃焼噴射衝撃のグラフ図である。一般的に言って、熱エージングは、触媒の1インチ前のところでは触媒のウォッシュコートに損傷させ、これは触媒のライトオフ挙動に影響を与えた。図22は、FTPの低温始動フェーズ中における排出ガス測定量を示している。NMHC、CO及びNO_x排出ガス量にはある程度の差があることが理解できる。図29は、低温始動中の測定触媒層温度を示している。図29を吟味すると、第1の加速中における開始及びその点からの続行により、エージングされた触媒とエージングされていない触媒との間には触媒層温度に差があることが分かる。エンジンでエージングした触媒とバーナでエージングした触媒の両方は、エージング前後において同等な性能を示した。温度のこの差は、エージングした触媒が低い効率で動作していることの標識である。図22は、エージング前後におけるTHC及びNO_xの累積モジュール排出ガス量を示している。これらの図から、エージングされたコンバータの作用効果は確かに低いことが分かり、エンジンでエージングされた触媒とバーナでエージングされた触媒は非常に類似した性能を持っているように思われる。

30

【0149】

実験例7

FTP性能データの統計学的分析

この研究では6つの触媒を試験して行ったエージングのタイプに基づいて排出ガスの差を求めた。3つの触媒をエンジンでエージングし、3つをFOCAS(登録商標)でエージングした。各触媒を100時間エージングした。6つ全ての触媒についてFTPを実施し、かかるFTPでは、NO_x、THC、NMHC及びCO測定値をエージングプロセスの前後で取った。多数回のFTPを各触媒について実施した。表13は、この研究で各触媒について実施されたFTP操作の回数を一覧表示している。

40

【0150】

表13. 触媒FTP統計学データマトリクス

触 媒	エンジンエージング			FOCAS(登録商標)エージング		
	1	2	3	4	5	6
エージング時間 0	2	2	2	2	1	2

50

100 2 2 3 2 1 2

排出ガスに対するエージングタイプの影響を比較するため、反復測定による分散分析の統計学的モデルを用いた。このモデルは、以下の因子を含んでいた。

- エージングタイプ（エンジン又はF O C A S）
- エージングタイプの状態にネストされた触媒（各触媒は、一方法でのみエージングされた）
- エージング時間（0及び100時間）
- エージングタイプ×エージング時間の相互作用

【0151】

4つの排出ガスの各々をこのモデルで個々に分析した。表14は、繰返し対策モデルの結果を一覧表示している。各因子について試験した仮説は、その因子における各レベルについての平均排出ガスが著しく異なるかどうかであった。例えば、エージングタイプ因子は、エンジン中でエージングした触媒とF O C A S（登録商標）でエージングした触媒との間の平均NO_xを全ての期間について比較する。このモデルにおける各因子に関し、p値を一覧表示しているが、これは、因子レベル相互間において平均排出ガスにはそれほど差がないという仮説を受け入れる確率を示している。全ての統計学的比較を5%有意水準で行った。このように、0.05よりも小さなp値は、その因子についての平均排出ガスの統計学的に意味のある差を指示している。

【0152】

表14．反復測定によるアノバ（分散分析）モデルの結果

因子	NO _x	THC	NMHC	CO
エージングタイプ	0.4023	0.5688	0.2221	0.5218
エージングタイプの状態にネストされた触媒	0.5792	0.7303	0.8488	0.0596
エージング時間	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
エージングタイプ×時間相互作用	0.30	0.5712	0.9922	0.0026

反復測定によるアノバモデルを利用した結論は以下のとおりであった。

【0153】

- エンジンでエージングした触媒とF O C A S（登録商標）でエージングした触媒との間において平均排出ガスには両方の期間にわたりそれほど差はなかった。
- エンジンでエージングした触媒の間における平均排出ガスには両方の期間にわたりそれほど差はなかった。
- F O C A S（登録商標）でエージングした触媒の間における平均排出ガスには両方の期間にわたりそれほど差はなかった。
- エージングが0時間の触媒とエージングが100時間の触媒との間の平均排出ガスには統計学的に有意な差があった。

- NO_x、THC及びNMHC排出ガス成分についてエージングタイプとエージング時間との間における平均排出ガスにはそれほど差はなかった。しかしながら、エージングタイプとエージング時間との間の平均COには統計学的に有意な差があった。この場合、エンジンでエージングした触媒は、F O C A S（登録商標）でエージングした触媒について見られたCOの増加よりも0時間から100時間への著しく大きなCOの増大を示した。

【0154】

触媒によるTHC、NMHC、NO_x及びCO排出ガス成分とエージング期間のプロットがそれぞれ図25～図28に示されている。x軸上の目盛り標識に関し、最初の文字は、エージングタイプを表し（B = F O C A Sベンチ、E = エンジン）、次の数字は、触媒番号を表し、最後の番号は、エージング時間を表している（0又は100時間）。

【0155】

実験例 8

事後触媒評価

全ての性能分析を完了した後、触媒を分解し、表面積及び組成分析のために各触媒の中心（直径 1 インチ、深さ 1 インチ）を採取した。2 つの分析作業は、表面積及び多孔度の評価のための B E T（Bruhauer-Emmett-Teller）であり、組成分析のための P I X E（Proton-Induced X-Ray Emissions）であった。

B E T 試験は、基体及びウォッシュコートの表面積についての情報を提供した。この分析を熱劣化に相関させた。P I X E は、基体、ウォッシュコート及び触媒の表面上の付着物の組成についての情報を提供した。P I X E 分析は、エンジンとバーナ相互間の触媒上の付着物の差に関する情報を提供した（これは、オイルの無いエージングを提供した）。

表 1 5 は、選択要素についての P I X E 分析の結果を記載している。

【 0 1 5 6 】

表 1 5 . 選択要素についての P I X E 分析結果

要素	質量濃度（重量％）					
	E1	E2	E3	B1	B2	B3
P(ppm)	<674	<723	<766	<715	<758	実施せず
Zn(ppm)	326	279	316	13	13	実施せず
Rh(ppm)	0.672	0.650	0.731	0.626	0.662	実施せず
Pd (%)	0.187	0.208	0.219	0.183	0.201	実施せず
Pt (%)	0.187	0.208	0.219	0.183	0.201	実施せず
Ce (%)	2.883	3.028	3.314	2.954	3.282	実施せず

表 1 5 は、要素、オイルの成分及び触媒ウォッシュコート中に見られた要素についての 2 つの基本的なカテゴリを強調している。P I X E 分析の示すところによれば、ウォッシュコート材料（ロジウム、パラジウム、プラチナ、セリウム）は、試験した 5 つの触媒間でかなり首尾一貫していた。これらグループ相互間の亜鉛（Zn）付着物を見ると、エンジン触媒は実質的にそれ以上の Zn を有していることが分かった。リン（P）は、検出限

【 0 1 5 7 】

度（約 7 0 0 p p m）以下であるように思われた。しかしながら、P を対摩耗添加剤としてオイルに添加し、P は、一般に Z D P の形態になり、触媒への現場付着物は、約 0 . 5 ~ 0 . 7 5 の Zn : P 重量比を示した。これは、恐らくはエンジン触媒上に幾分かの P、恐らくはこの分析で用いられた検出限度以下である 4 0 0 ~ 6 0 0 p p m の範囲の P が存在していることを意味している。

【 0 1 5 8 】

触媒について行った最終の分析操作は、特定の比表面積を得るための B E T 分析であった。良好な条件下にある触媒は、大きな表面積を有している。触媒がエージングするにつれて、触媒は、凝集（貴金属の移動）及び焼結（溶融）により熱的に且つ付着物による細孔の物理的な閉塞により表面積が少なくなる。表 1 6 は、B E T による表面積分析結果を記載している。

表 1 6 . エージングした触媒についての B E T 表面積分析

触媒	条件	B E T 表面積 (m ² / g)
E1	100RAT-A-	
	エンジンでエージング	11.50 ± 0.22
E2	100RAT-A-	
	エンジンでエージング	11.46 ± 0.93
E3	100RAT-A-	
	エンジンでエージング	11.91 ± 0.13

B1	100RAT-A- バーナでエージングナ	12.84 ± 0.72
B2	100RAT-A- バーナでエージング	13.32 ± 0.34
B3	100RAT-A- バーナでエージング	12.47 ± 0.22

【 0 1 5 9 】

B E T 分析は、2つのエージング方法相互間における最終の比面積の差を示しており、エンジンエージング部分は、バーナエージング部分と比較して表面積が小さい。新品の触媒の比表面積は恐らくは、約 $18 \sim 25 \text{ m}^2 / \text{g}$ であった（但し、新品の触媒は、このプログラムの一部としては分析されなかった）。エンジンエージング触媒とバーナエージング触媒との間の表面積のこの差は大きくはないが、以下の項目のうち1以上が原因となっている場合があり、かかる項目とは、エンジンエージング触媒で観察されたオイル関連付着物が僅かな量であること、付着物に起因して質量が増大すること（表面積は $\text{m}^2 / \text{グラム}$ として測定されるので）及び（又は）付着物は触媒の表面を被覆し始めたときに、非熱的非活性化で生じる触媒細孔閉塞の開始である。一般に、オイル付着物は、これら付着物が触媒性能に大きな影響を及ぼす前に質量が最小でなければならないということが認められている。

【 0 1 6 0 】

事後分析の示すところによれば、F O C A S（登録商標）エージングは、非熱的エージングがない場合に熱的エージングを提供し（即ち、オイル付着物）、それにより熱的及び非熱的エージング効果の決定的な隔離のための手段を構成した。

【 0 1 6 1 】

F O C A S（登録商標）バーナシステムに関するシミュレートしたR A T - Aサイクルをエンジンでのサイクルと比較した。バーナを用いるとエンジンで得たプロフィールと比較した場合、触媒内部に非常に類似した熱プロフィールを生じさせることができるということが立証された。サーマルエクスカッションの形状を再現し、触媒中へのA F Rを制御して再現することができた。2つのシステム相互間で注目された一つの差異は、バーナシステムでは触媒に入る前に排気管中で反応体の幾分かの燃焼が生じたように思われたことであった。この結果、サーマルエクスカッション中、ピーク温度の位置がピークの僅か前方にシフトした。

【 0 1 6 2 】

実験例 9

F O C A S（登録商標）バーナシステムを用いてゼネラルモータースのR A T - A（Rapid Aging Test version A）サイクルをシミュレートすることにより方法論を試験した。プログラムの試験部分の間、6つの触媒をR A T - Aサイクルで100時間かけてエージングし、即ち3つをエンジンエージングスタンドで、3つをF O C A S（登録商標）バーナシステムでエージングした。指定された間隔及びエージングの終わりにおける触媒性能を測定し、2つのシステム相互間で比較した。加えて、各システムの温度及びA F R制御のばらつき及び再現性を評価して比較した。

【 0 1 6 3 】

性能評価は、F T P（Federal Test Procedure）により規制対象の排出ガスを比較し、エンジンを利用した触媒性能評価リグを用いて触媒変換効率を排気ガス空燃比（A F R）及び触媒ライトオフ温度の関数として測定することから成っていた。

【 0 1 6 4 】

F T P 性能評価の示すところによれば、バーナとエンジンは同等のエージング効果をもたらし、その結果T H C、C O及びN O_xについての劣化要因は2つの方法論相互間で統計学的には違いが無かった。F T P 試験では、N O_x、T H C及びN M H C 排出ガス成分につきエージングタイプとエージング時間との間における平均排出ガスにはそれほど差はなかった。しかしながら、エージングタイプとエージング時間との間の平均C Oには統計

10

20

30

40

50

学的に有意な差があった。この場合、エンジンでエージングした触媒は、F O C A S（登録商標）でエージングした触媒について見られたC Oの増加よりも0時間から100時間への著しく大きなC Oの増大を示した。評価により明らかになったことは、2つの方法論が理論空燃比（ガソリンエンジンが作動のために整調される場合）近くでは、同等な結果をもたらすということであった。しかしながら、A F Rは理論空燃比からリッチ側に逸れると、バーナエージングの結果として、T H C及びC Oについてより重度なエージング効果が生じたことが観察された。

【0165】

最終触媒評価では、触媒のコア採取を行い、表面積及び組成を分析した。2つの分析作業は、表面積及び多孔度の評価のためのB E T及び組成分析のためのP I X Eであった。B E T試験は、基体及びウォッシュコートの表面積に関する情報をもたらす。この分析を熱劣化に相関させることができる。P I X Eは、基体、ウォッシュコート及び触媒の表面上の付着物の組成に関する情報を提供する。P I X E分析は、エンジンとバーナ相互間の触媒上の付着物の差に関する情報を提供することができる（これは、オイル無しのエージングを提供する）。触媒は、非常によく似たレベルのウォッシュコートで構成されているが、F O C A S（登録商標）エージング触媒にはオイルから生じた付着物が明らかに存在していないことが判明した。しかしながら、この研究では、エンジンでエージングされた触媒上に見受けられるオイル付着物のレベルは僅かであり、恐らくはこれらは性能に影響を及ぼさなかったと考えられる。しかしながら、エンジンがエージングするにつれて、オイル消費量は増加し、オイルを毒する可変成分が触媒エージングに加えられる。

【0166】

一般に、オイル付着物は、これら付着物が触媒性能に大きな影響を及ぼす前に質量が最小でなければならないということが認められている。B E T分析は、2つのエージング方法相互間における最終の比面積の差を示しており、エンジンエージング部分は、バーナエージング部分と比較して表面積が小さい。表面積の減少は、付着物に起因するコア質量の増大の結果の場合があった（表面積は、 m^2 /グラムとして測定されるので）。表面積の減少は又、付着物が触媒の表面を覆い始めた時に非熱的非活性化において生じるような触媒の細孔の閉塞の開始の場合があった。これは又、2つの効果の組合せの結果の場合があった。

【0167】

全体として、F O C A S（登録商標）バーナシステムは、エンジンエージングサイクルをシミュレートする融通性のある手段を提供すると共にエンジンサイクルに相当する熱エージング結果をもたらすことが判明した。事後分析の示すところによれば、F O C A S（登録商標）エージングは、非熱エージング（即ち、オイル付着物）が無い場合でも熱エージングをもたらし、それにより熱及び非熱エージング効果の限定的な隔離する手段を構成する。バーナを用いることにより、エージングのためのエンジンに関して得られる利点としては、A F Rが非常にタイトであること（ ± 0.02 A F R）、安定A F R動作のレンジが非常に広いこと（8：1～25：1）、可動部品が少ないこと（ブロウ及び燃料計量弁）及び設定値を達成するのに調整が最小限であることが挙げられる。また、バーナは、システム部品をそれほど損傷させないで非常に高温で動作することができ、このように、非常に高温でのサイクルの安価でリスクの低いシミュレーションに役立つ。

【0168】

当業者であれば、本発明の思想及び範囲から逸脱することなく、本発明の多くの改造例を想到できることがわかる。本明細書に記載した実施形態は、例示に過ぎず、特許請求の範囲に記載された本発明の範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0169】

【図1】本発明のシステムの一実施形態の略図である。

【図2A】本発明に用いるのに適したバーナの好ましい実施形態の略図である。

【図2B】バーナの円で囲んだ部分の拡大図である。

【図 3 A】所望の旋回運動をバーナの燃焼区分に流入している空気に与えるスワールプレートの正面図である。

【図 3 B】図 3 A のスワールプレートの断面図である。

【図 3 C】図 3 A のスワールプレートの背面図である。

【図 3 D】図 3 C のスワールプレートの断面図である。

【図 3 E】図 3 C のスワールプレートの断面図である。

【図 4 A】本発明に用いるのに適した熱交換器の好ましい実施形態を示す切除図である。

【図 4 B】図 4 A において約 90° の角度から見た熱交換器の別の断面の切除図である。

【図 5 A】本装置に用いるのに適したエアアシステッド燃料噴射ノズルの一実施形態の分解図である。

10

【図 5 B】図 5 A のエアアシステッド燃料噴射ノズルの雄型継手のフランジ付き端部の正面図であり、噴射開口部の構造を示す図である。

【図 5 C】図 5 B のエアアシステッド燃料噴射ノズルの反対側の端部の正面図である。

【図 5 D】好ましいエアアシステッド燃料噴射ノズルの略図である。

【図 5 E】図 5 D のエアアシステッド燃料噴射ノズルの雄型継手のフランジ付き端部の正面図である。

【図 5 F】図 5 D のエアアシステッド燃料噴射ノズルの反対側の端部の正面図である。

【図 6 A】本発明に用いるのに適したオイル噴射システムの好ましい実施形態を示す略図である。

【図 6 B】図 6 A のオイル噴射ノズルの分解図である。

20

【図 7】本システムに用いるのに適したデータ収集及び制御システムのブロック図である。

【図 8】SMD が 20 ミクロン（実験例 1）の液滴分布状態における種々のサイズの液滴に関する液滴軌道のグラフ図である。

【図 9】両方とも僅かに希薄及び僅かに濃厚な排出 A / F において C A フェーズ I I 燃料の同一バッチで動作する本発明のシステム（50 SCFM）とフォード 4.6 リットル V 8 エンジン（50 SCFM, 1500 rpm, 90 ポンド - フィート, EGR 無し）についての測定された生の（未処理の）排出ガス濃度を示すグラフ図である。

【図 10】触媒入口温度を維持する閉ループファン制御ロジックの略図である。

【図 11】エンジンと比較した FOCAS（登録商標）による RAT - A シミュレーションを示す図である。

30

【図 12】平均的なエンジン及びバーナでエージングした触媒に関する FTP 性能劣化の比較を示す図である。

【図 13】エージングを行わなかった触媒とエージングを行った触媒についてエンジンを利用した触媒性能評価リグによって測定された THC 変換効率を示す図である。

【図 14】FTP 運転サイクルの 505 フェーズ及び 867 フェーズの速度対時間のグラフ図である。

【図 15 A】エージング前後におけるモータル THC 排気ガスの量を示すグラフ図である。

【図 15 B】エージング前後におけるモータル THC 排気ガスの量を示すグラフ図である。

40

【図 15 C】エージング前後におけるモータル THC 排気ガスの量を示すグラフ図である。

【図 15 D】エージング前後におけるモータル THC 排気ガスの量を示すグラフ図である。

【図 16】触媒及び使用時間によってグループ分けされた平均 FTP 排気ガスの量を示すグラフ図である。

【図 17】平均エンジン及びバーナでエージングされた触媒についての FTP 性能劣化の比較グラフ図である。

【図 18】バーナシステムのためのフロントパネル制御ソフトウェアを示す図である。

50

【図 19 A】エンジンスタンド及びバーナリグに対する R A T - A サイクル作動中における触媒層温度を示す図である。

【図 19 B】エンジンスタンド及びバーナリグに対する R A T - A サイクル作動中における触媒層温度を示す図である。

【図 19 C】エンジンスタンド及びバーナリグに対する R A T - A サイクル作動中における触媒層温度を示す図である。

【図 19 D】エンジンスタンド及びバーナリグに対する R A T - A サイクル作動中における触媒層温度を示す図である。

【図 20】燃料/空気流とバーナ壁との衝突に関する予測図である。

【図 21】エアアシスト噴射角の関数としてバーナ壁に対する燃料スプレーの衝撃の計算結果を示す図である。

10

【図 22】バーナ及びエンジンでエージングした触媒について低温始動、バック - 1 結果を示す図である。

【図 23】エージング前後における低温始動中の T H C 累積量を示す図である。

【図 24】エージング前後におけるコールドスタート中の N O_x 累積量を示す図である。

【図 25】エージングタイプ、触媒及びエージング時間による T H C 排気ガス成分を示す図である。

【図 26】エージングタイプ、触媒及びエージング時間による N M H C 排気ガス成分を示す図である。

【図 27】エージングタイプ、触媒及びエージング時間による N O_x 排気ガス成分を示す図である。

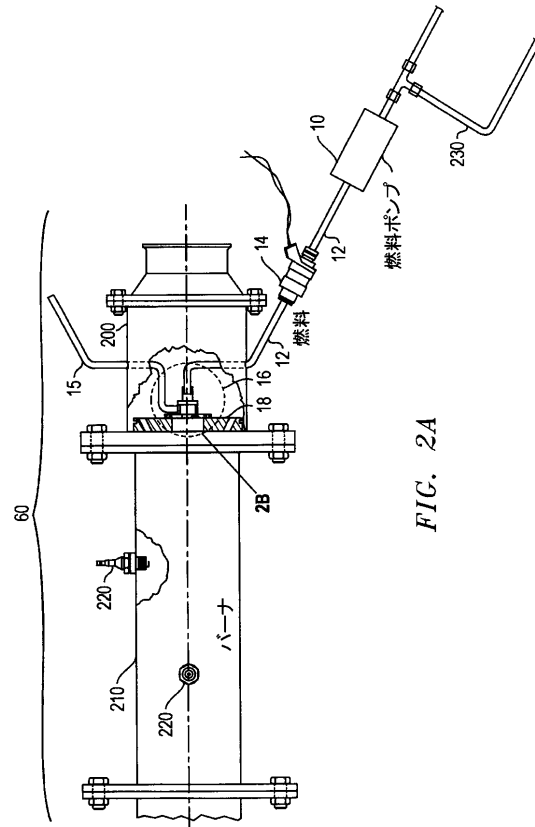
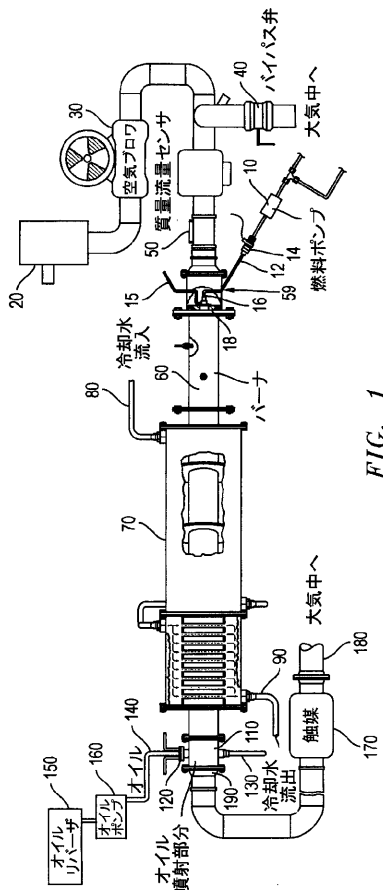
20

【図 28】エージングタイプ、触媒及びエージング時間による C O 排気ガス成分を示す図である。

【図 29】F T P の低温始動段階中における排出ガス量の測定値を示す図である。

【図 1】

【図 2 A】



【図 2 B】

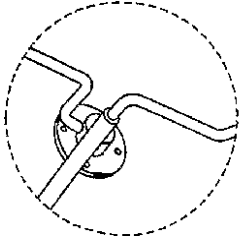


FIG. 2B

【図 3 A】

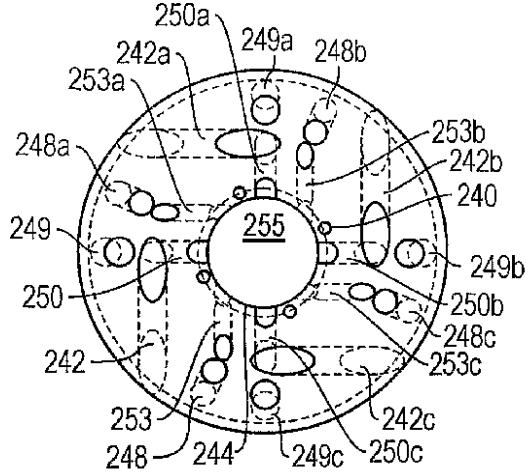


FIG. 3A

【図 3 C】

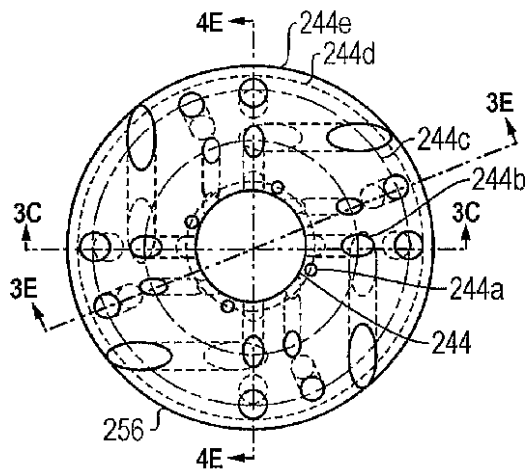


FIG. 3C

【図 3 B】

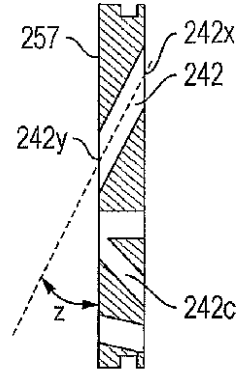


FIG. 3B

【図 3 D】

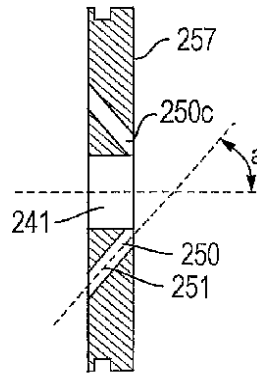


FIG. 3D

【図 3 E】

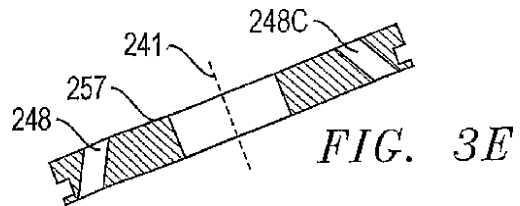
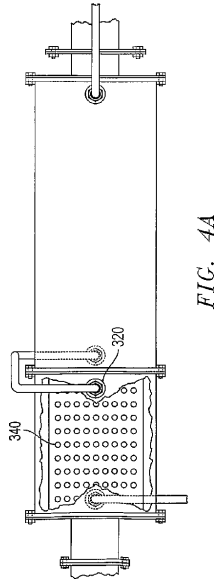
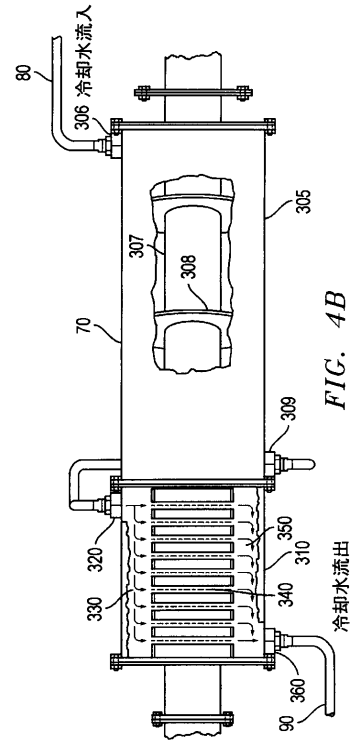


FIG. 3E

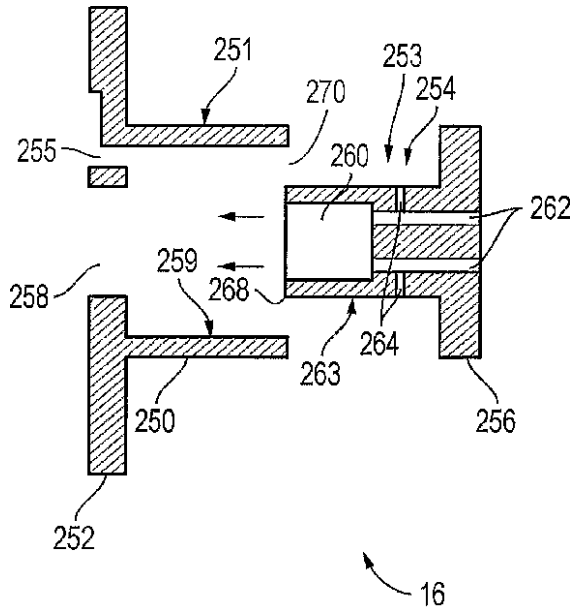
【図 4 A】



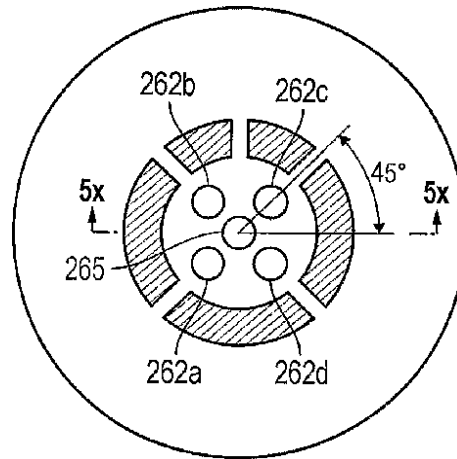
【図 4 B】



【図 5 A】



【図 5 B】



【図 5 C】

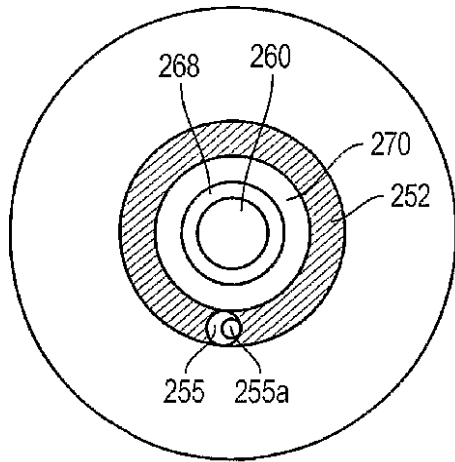


FIG. 5C

【図 5 D】

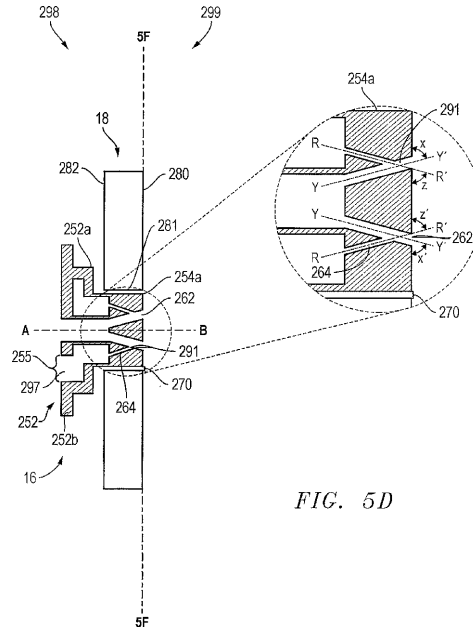


FIG. 5D

【図 5 E】

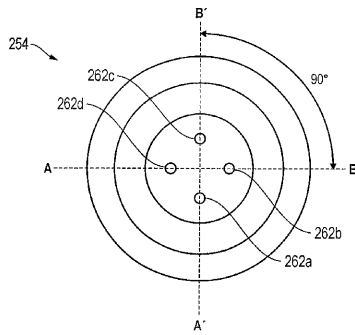


FIG. 5E

【図 5 F】

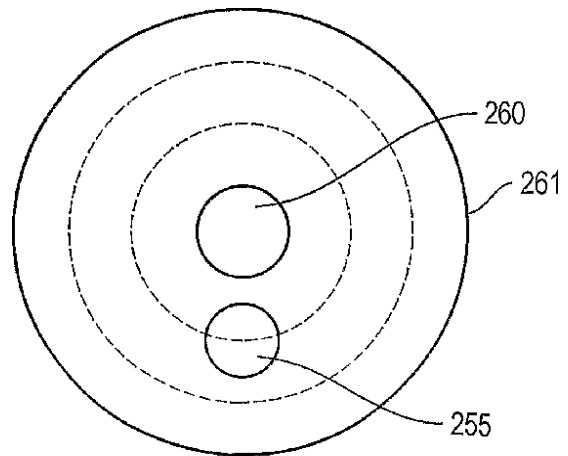
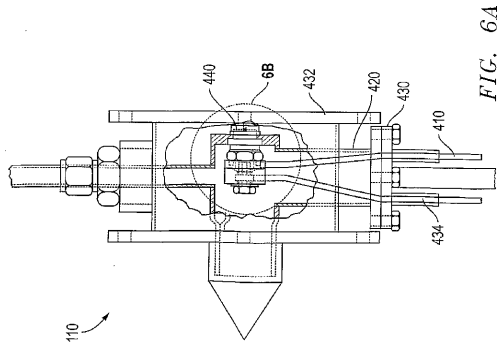


FIG. 5F

【図 6 A】



【図 6 B】

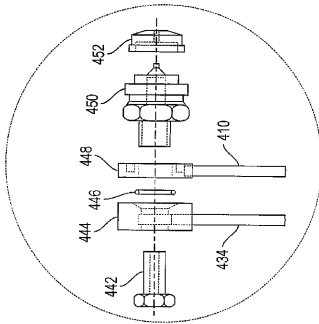


FIG. 6B

【図 7】

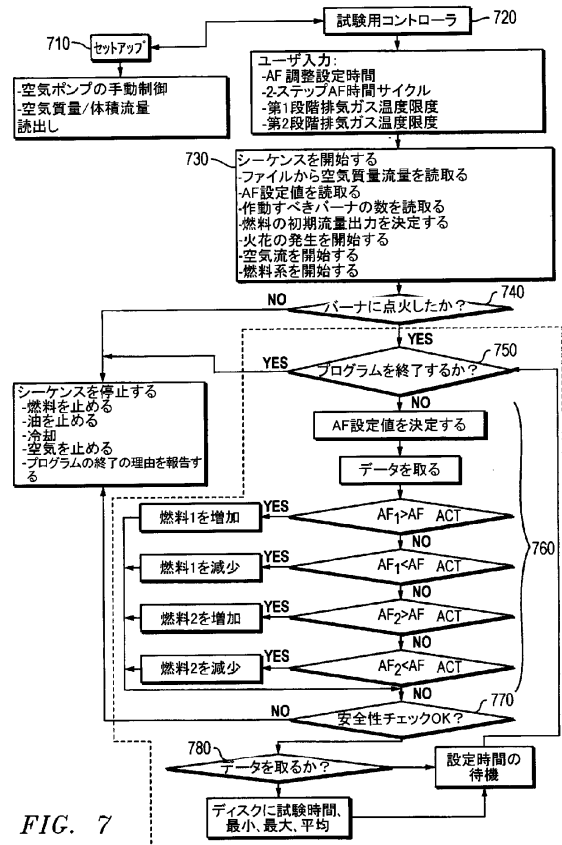


FIG. 7

【図 8】

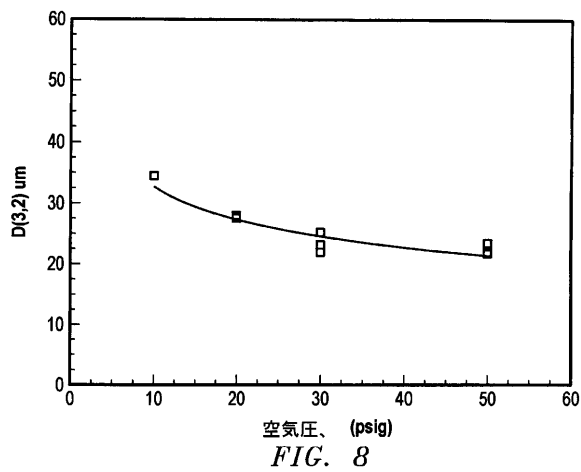


FIG. 8

【図 9】

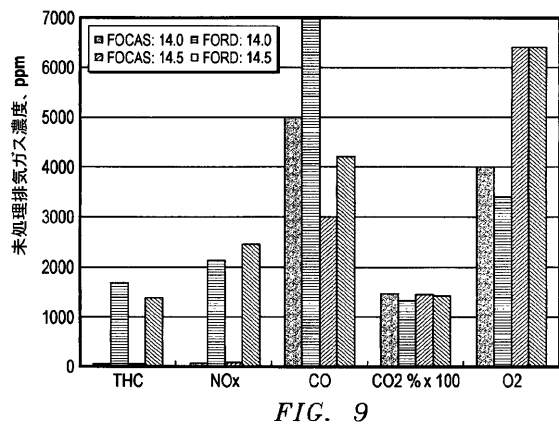
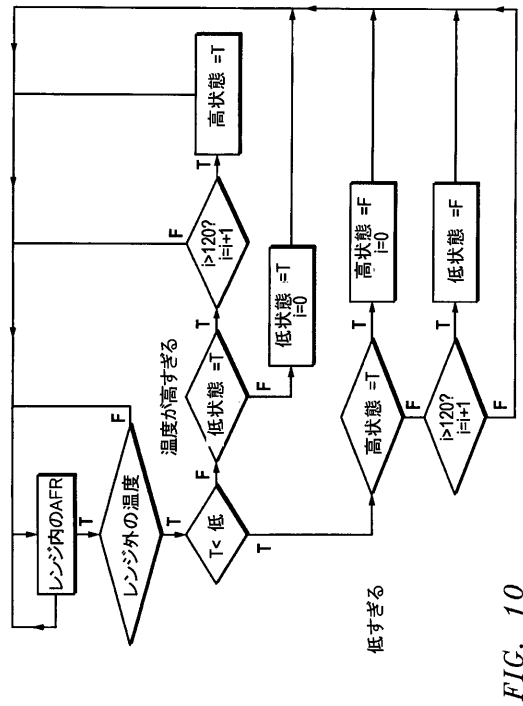


FIG. 9

【図 10】



【図 11】

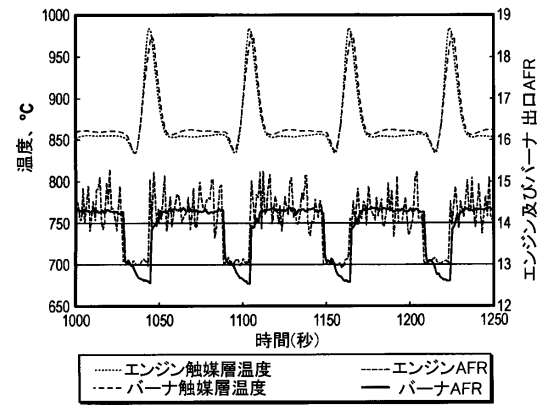
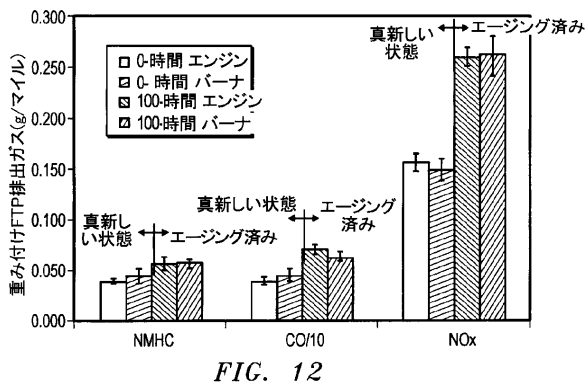
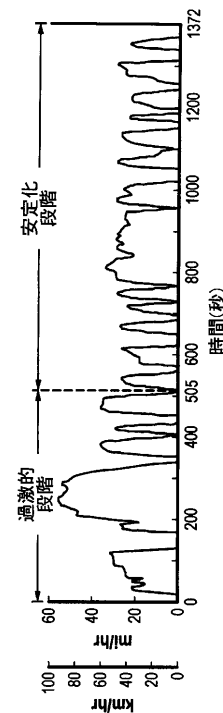


FIG. 11

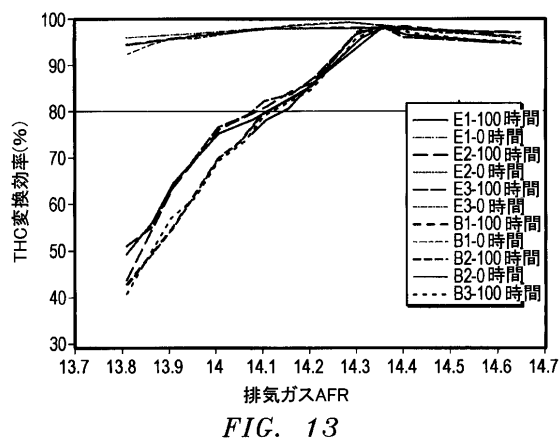
【図 12】



【図 14】



【図 13】



【図 15 A】

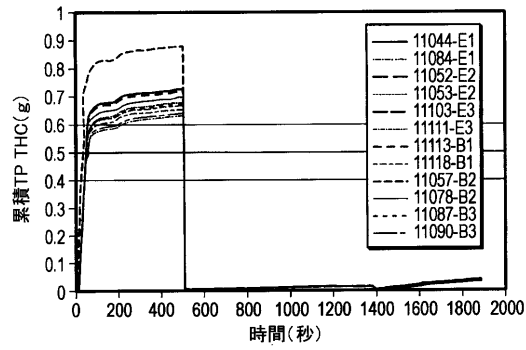


FIG. 15A

【図 15 C】

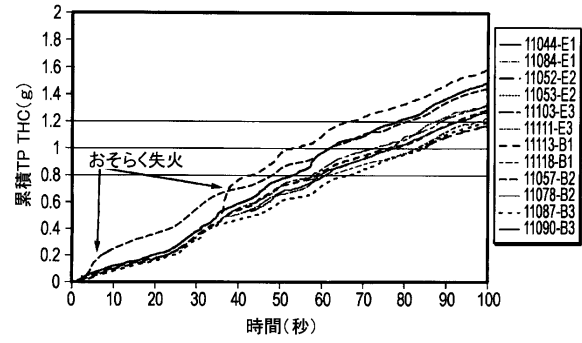


FIG. 15C

【図 15 B】

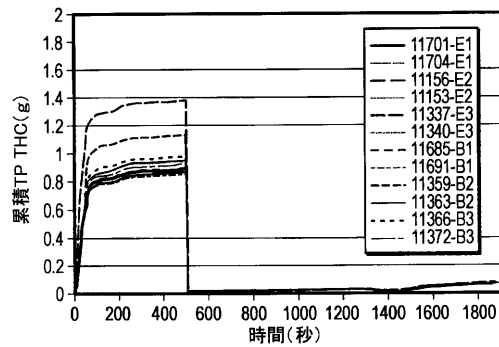


FIG. 15B

【図 15 D】

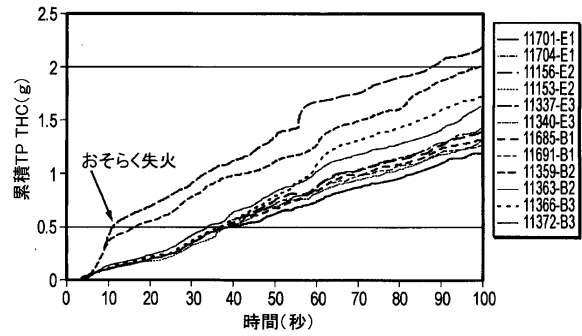


FIG. 15D

【図 16】

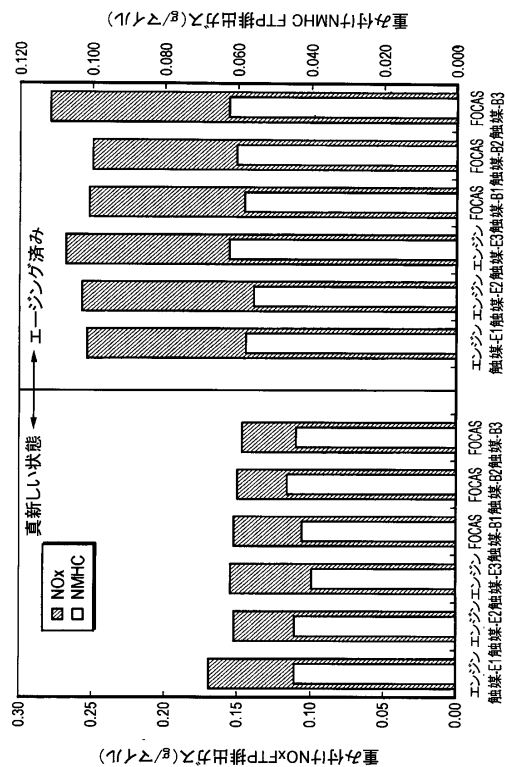


FIG. 16

【図 17】

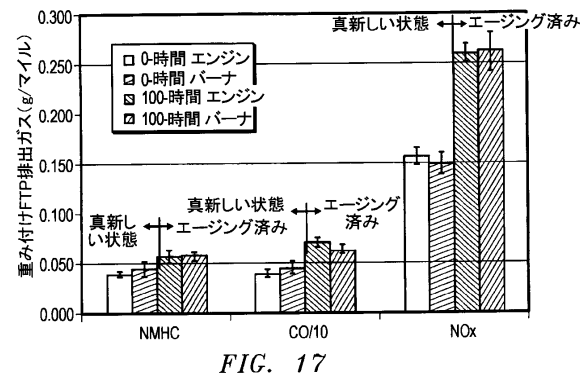


FIG. 17

【図 19D】

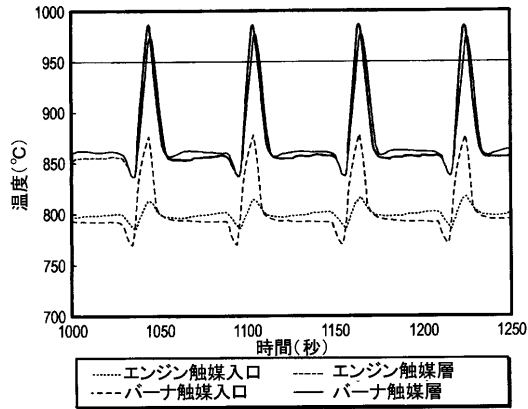


FIG. 19D

【図 20】

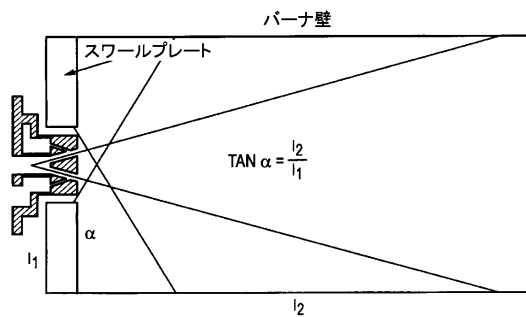


FIG. 20

【図 21】

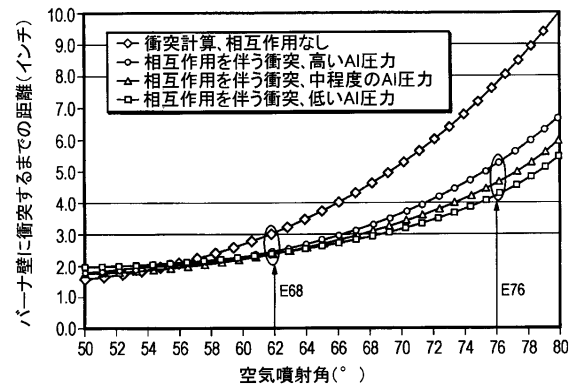


FIG. 21

【図 22】

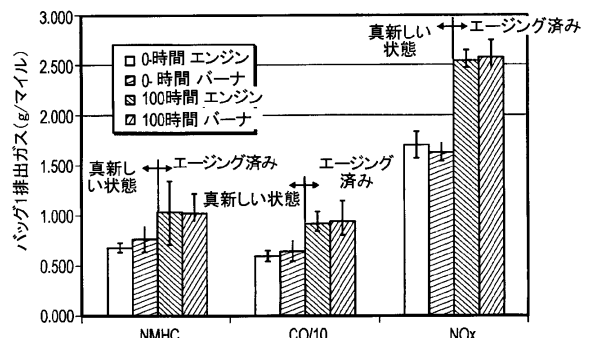


FIG. 22

【図 23】

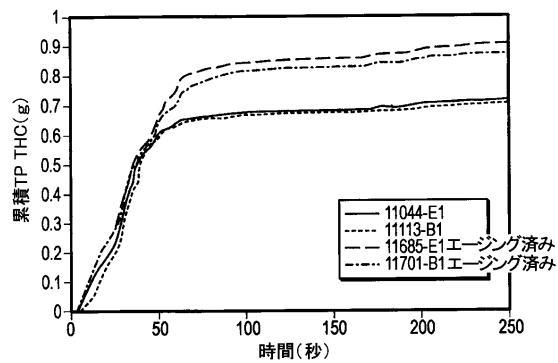


FIG. 23

【図 25】

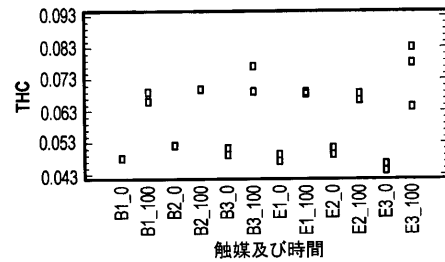


FIG. 25

【図 24】

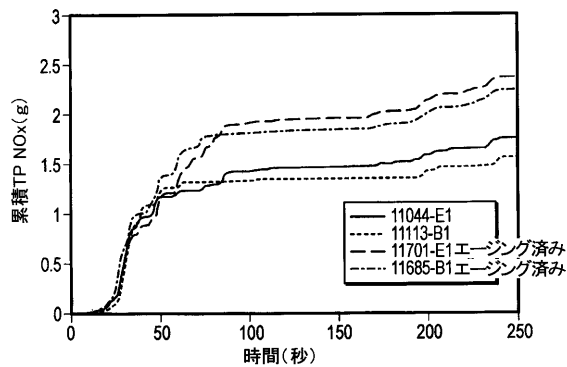


FIG. 24

【図 26】

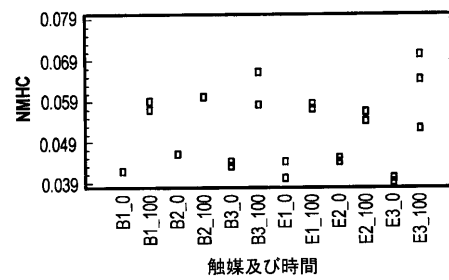


FIG. 26

【図 27】

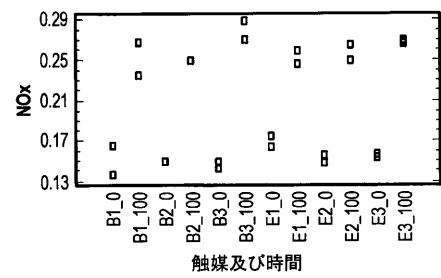


FIG. 27

【図 28】

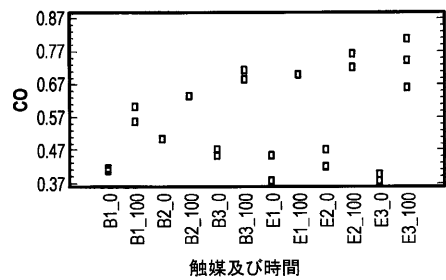


FIG. 28

【図 29】

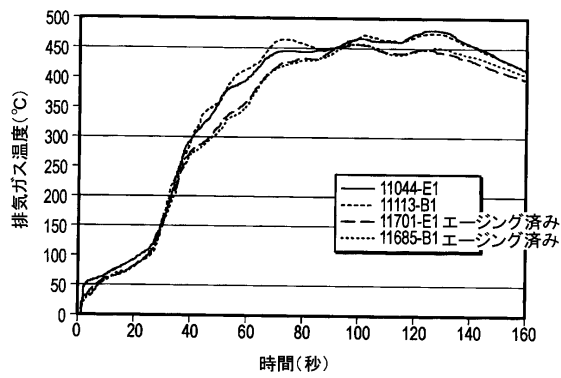


FIG. 29

フロントページの続き

(74)代理人 100088694

弁理士 弟子丸 健

(74)代理人 100103609

弁理士 井野 砂里

(72)発明者 インガルス メルヴィン エヌ ジュニア

アメリカ合衆国 テキサス州 7 8 2 3 0 サン アントニオ ウェル スプリングス ドライヴ
3 5 1 0

(72)発明者 パートリー ゴードン ジェイ

アメリカ合衆国 テキサス州 7 8 2 5 0 サン アントニオ サイレント ストリーム 8 8 2
3

(72)発明者 ウェブ シンシア シー

アメリカ合衆国 テキサス州 7 8 2 5 0 サン アントニオ ティンバーハースト 5 2 2 3

審査官 前崎 渉

(56)参考文献 特開昭 6 3 - 3 0 8 5 3 5 (J P , A)

特開平 0 1 - 2 6 7 3 2 5 (J P , A)

特開平 1 0 - 1 3 2 2 7 8 (J P , A)

特開平 1 1 - 1 8 2 8 4 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F01N 3/00

G01N 15/00

F23R 3/12