

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-520525

(P2004-520525A)

(43) 公表日 平成16年7月8日(2004.7.8)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
FO2D 41/34	FO2D 41/34	H
FO1N 3/20	FO1N 3/20	D
FO1N 3/24	FO1N 3/24	Z A B R
FO2B 17/00	FO2B 17/00	F
FO2B 23/10	FO2B 17/00	1 O 1
	審査請求 未請求 予備審査請求 有	(全 35 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-556487 (P2002-556487)	(71) 出願人	500046346
(86) (22) 出願日	平成14年1月9日 (2002.1.9)		ロベルト・ボッシュ・ゲゼルシャフト・ミ
(85) 翻訳文提出日	平成15年7月3日 (2003.7.3)		ト・ベシュレンクテル・ハフツング
(86) 国際出願番号	PCT/DE2002/000034		ドイツ連邦共和国 70442 シュトゥ
(87) 国際公開番号	W02002/055857		ットガルト, ポストファハ 30 02
(87) 国際公開日	平成14年7月18日 (2002.7.18)		20
(31) 優先権主張番号	101 00 682.9	(74) 代理人	100089705
(32) 優先日	平成13年1月9日 (2001.1.9)		弁理士 社本 一夫
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100076691
(81) 指定国	EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), CN, JP, US		弁理士 増井 忠式
		(74) 代理人	100075270
			弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100080137
			弁理士 千葉 昭男
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガソリン直接噴射式の内燃機関における触媒の加熱方法およびその制御装置

(57) 【要約】

【課題】

ガソリン直接噴射式の内燃機関において触媒を加熱する方法を改善する。

【解決手段】

ガソリン直接噴射式の内燃機関における触媒の加熱方法は、同時に点火を遅角方向へずらしながら空気充填率を高めるステップと、シリンダの空気充填率が前もって与えられた閾値を上回っているかどうかチェックするステップと、空気充填率が前記閾値を上回るや否や、燃料の噴射を、点火前に噴射される二つの部分量に分割するステップと、を含む。

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

同時に点火を遅角方向へずらしながら空気充填率を高めるステップと、シリンダの空気充填率が前もって与えられた閾値を上回っているかどうかチェックするステップと、  
空気充填率が前記閾値を上回るや否や、燃料の噴射を、点火前に噴射される二つの部分量に分割するステップと、  
を含むガソリン直接噴射式の内燃機関における触媒の加熱方法。

## 【請求項 2】

燃料噴射を分割する際に、点火時点も適合されることを特徴とする請求項 1 に記載の加熱方法。 10

## 【請求項 3】

分割された燃料噴射への切換えが行われた後に、空気充填率が更に高められ且つ点火が更に遅らせられることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の加熱方法。

## 【請求項 4】

燃料噴射の分割の終了前の空気充填率の事前制御が、効率と燃焼限界の変化に応じて、切換えによって再び低減されることを特徴とする請求項 3 に記載の加熱方法。

## 【請求項 5】

燃料噴射の切換えのために、それぞれ先ず空気充填率の事前制御が、期待される効率変化に応じて適合されること、 20

空気充填率の変化が、点火時点の適合によって修正されること、  
燃料の噴射の切換えが、実際の空気充填率と既知の燃焼限界の際に、要求されているトルクが変化された燃料噴射の場合でも達成されることができると否かに応じて行われること

を含む請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の加熱方法。

## 【請求項 6】

排気ガスのラムダ値が、運転状態に応じて、過濃或いは希薄に調節されることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の加熱方法。

## 【請求項 7】

燃料噴射の分割の始まりと共に、燃焼室内の合計のラムダ値が、単一の噴射の場合よりもより希薄に事前制御されることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の加熱方法。 30

## 【請求項 8】

燃料噴射の分割の終了前に、燃焼室内の合計のラムダ値が、分割された噴射の開始時よりも再びより過濃に事前制御されることを特徴とする請求項 7 に記載の加熱方法。

## 【請求項 9】

希薄な事前制御が運転状態に依存している請求項 7 または 8 に記載の加熱方法。

## 【請求項 10】

燃料噴射の分割の開始と共に、発生した壁面損失を補償するための燃料噴射の修正係数（スタート後エンリッチメント）が低減されることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の加熱方法。 40

## 【請求項 11】

エンジントルクが第一に点火時点と事前制御された空気充填率とによって調整される一方、噴射された燃料質量は直接、検知された空気充填率と事前プログラムされた空気/燃料比とに依存していることを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の加熱方法。

## 【請求項 12】

請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の方法の少なくとも一つを実施するための制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ガソリン直接噴射式の内燃機関における触媒の加熱方法およびその制御装置に関する。

エンジン燃焼の効率を引き下げることによって、触媒を加熱する事が既に知られている。エンジン燃焼の効率の引き下げは、例えば点火時点を最適の時点からずらすことによってもたらされることができ、その際、最適な時点は最高効率によって定義される。効率の低下によって、排気ガスは効率低下を伴わない運転に比べて熱くなる。従って、触媒の中でより強い加熱効果が発揮される。このいわゆるエンジンによる触媒加熱は、追加の構成機器、例えば二次エアポンプを設けずに済ませることができるという利点を持っている。

## 【0002】

ガソリン直接噴射式のエンジンの場合には、追加の構成機器を組み込むこと無しに排気ガス温度を引き上げるために、原理的に次の二つの可能性が存在している。

(i) 燃焼の効率を引き下げたための遅延点火。この場合、点火された混合気は、化学量論的であるか或いは軽度に希薄な混合気となる。

## 【0003】

遅延点火の際には回転不安定性が高まるので、均質混合気の場合に、遅延点火は制限されている。触媒温度が低い場合に、排出は軽度に希薄な排気ガスラムダ値( : 空気過剰率)によって改善できる。何故なら、触媒が必要な変換条件に到達するからである。しかしながら、希薄化はエンジンが冷えている時には限定的にしか可能では無い。

## 【0004】

(ii) 後燃焼のための、点火後の燃料の追加噴射。この場合、点火された混合気は、非常に希薄であるが(成層運転)吸気の成層化によってなお点火させることが可能である。

## 【0005】

後噴射の場合には、追加として噴射された燃料マスの焼き切りが保証されていなければならない(アフターバーニング)。

エキゾーストマニホールド内でのアフターバーニングを保証するためには、マニホールドの形状が最適化されなければならない(早期混合、小さな熱マス)。その他の目標(組み込みスペースの縮小、出力の最適化)は、それによって制限されることがある。原理的には、アフターバーニングはエキゾーストマニホールドが冷えている時には上手く進行しなくなる。従って、この場合に、排出はスタート直後にはほとんど減少されない。何故なら、触媒は未だ必要な温度に達していないからである。

## 【0006】

燃焼室内ではより高い温度が支配的なので、アフターバーニングの場合に、燃焼室内では既にスタートの直ぐ後に少ない排出が達成され得る。それでも燃料が燃焼室内で点火されるためには、運転パラメータは狭い範囲に保持されなければならない。特に後噴射は非常に早期に終了されなければならない、従って明らかにトルクの発生に貢献する。このことは、小さな負荷ポイントに対して噴射時間が非常に短いことを前提としており、これは分配精度と混合気形成に関して噴射弁に対する要求が非常に高いことを意味している。

## 【0007】

後噴射の問題を回避するために、ここでは遅延点火による加熱特性の改善が説明される。ガソリン直接噴射式のエンジンの場合には、混合気の形成に影響を与えるために、燃料噴射を点火前に分割する可能性が存在している。

## 【0008】

点火前に噴射を分割することによってエンジンの回転を次の様に改善することができる。

(i) 回転安定性を改善しながら遅延点火時点が可能となる。

## 【0009】

(ii) 混合気を、燃焼室に同じ様に燃料/空気混合気を充填しながら、純粋な均質混合気よりもより早く且つより強く希薄化することができる。

(iii) この方法は、燃料の後噴射に対して明らかに堅牢であり、また上述の欠点を持つ極端に短い噴射時間を避けることができる。

10

20

30

40

50

## 【0010】

確実なスタートと立ち上がりを保証するために、この段階はなお単一の均質噴射によって行うことができる。

本発明によれば、噴射の分割は、十分な空気充填が行われるや否や、始めて行われる。これによって短い噴射時間が回避される。更にこれによって、混合気形成のために必要な給気運動があるということが保証される。

## 【0011】

噴射の分割によって混合気の成層化が生じる。これによって、全体的なラムダ値（空気過剰率）はなお希薄でありながら、点火プラグの上にむしろ過濃な混合気が接していることが可能である。

10

## 【0012】

点火プラグの周囲の過濃な混合気によって、非常に希薄な全体的ラムダ値の場合でも、より確実な点火が確保される。

更に、遅延点火にも係わらず、混合気により確実でより迅速な延焼を保証することができる。これによって遅延点火の際に回転安定性が高められる。

## 【0013】

点火の前に行われる分割された噴射の際に調節される混合気分布（理想的には、燃焼室中央では過濃且つ燃焼室壁面では希薄）は壁面からの熱損失を減らすことができる。燃焼室の形状と諸パラメータに応じて次の効果もたらされる。

## 【0014】

(i) 同じ排気ガス量でより高い排気ガス温度、即ちより多くの加熱出力：触媒内で有害物質の変換が開始されるライトオフ温度がより早く到達される。

(ii) 壁面熱損失がより少ないので、同じ温度でより少ないガス量：この場合、エキゾーストマニホールドと触媒内での有害物質の滞留時間がより長くなり、それによって後反応が促進される。従って、これによっても触媒の後方の排出を改善することができる。

20

## 【0015】

不均一な混合気分布によって、特に過濃領域から、より高いCO生排出を達成することができる。CO限界値は経験的に容易に満たすことができる。しかしながら、高められたCO生排出は、触媒のより早いライトオフのために利用することができる。何故なら、COのライトオフ温度は、炭化水素のそれよりも低いからである。同時に、NOx排出も低下する。何故なら、過濃領域内でも希薄な境界ゾーンの中でもより少ないNOxしか発生しないからである。

30

## 【0016】

提案された加熱方法の場合に、点火は原理的に遅延される。追加として、燃料噴射が分割されるか否かは、一つ或いは幾つかの運転パラメータ、例えば空気充填率、エンジン温度、燃焼室温度（それぞれ測定されるかモデル化される、例えば、スタート後の積算噴射量）、要求されている基準トルク、および/または回転数に依存して決定することができる。

## 【0017】

分割噴射の場合には、燃焼効率が単一の均質噴射と比べて異なっている。このことは、噴射の切換えの際に、点火時点を切換えと適合させるという形で考慮される。追加として、切換え前に事前制御された空気充填率を適合させることができる。その際、空気充填率の変化に基づくトルクの変化は、トルクに対して逆方向に影響を与える点火時点の変化を通じて補正される。

40

## 【0018】

噴射は実際の空気充填率が、点火時点の適合を通じて、要求トルクの調整を可能にするや否や、初めて切り換えられるべきである。

分割噴射による運転の場合に、別の運転限界が当てはまるので、場合によってはより希薄な総合のラムダ値および/またはより遅い点火用いられる。

## 【0019】

50

壁面薄膜効果等の補正のために必要なエンリッチメント(“スタート後エンリッチメント”)は二つの噴射について別々に考慮される。

詳しく言えば、本発明に基づく方法は、

追加の空気を補正するために、同時に点火を遅角方向へずらしながら空気充填率を高めるステップと、

シリンダの空気充填率が前もって与えられた閾値を上回っているかどうかチェックするステップと、

空気充填率が閾値を上回るや否や、燃料の噴射を、点火前に噴射される二つの部分量に分割するステップと、

を含む内燃機関における触媒の加熱方法に関する。

10

#### 【0020】

本発明の一つの拡張例では、切換えの間もトルクを等しく保つために、燃料噴射の分割の際に点火時点も適合されるといことが考えられている。これによって有利なことに、燃料噴射の分割の結果として予想される効率の変化も補正される。

#### 【0021】

本発明のもう一つの拡張例では、分割燃料噴射への切換えが行われた後空気充填率が更に高められ且つ点火が、追加の空気によって予想されるトルク上昇を補正するために、更に遅らせられるといことが考えられている。

#### 【0022】

本発明のもう一つの拡張例では、燃料噴射の分割の終了前の空気充填率の事前制御が、効率と燃焼限界の変化に応じて、切換えによって再び縮小されるといことが考えられている。

20

#### 【0023】

もう一つの拡張例では、燃料噴射の切換えに伴って、それぞれ先ず空気充填率の事前制御が予想される効率の変化に応じて適合され、空気充填率の変化が点火時点の適合によって修正され、また燃料の噴射の切換えが、実際の空気充填率と既知の燃焼限界の際に要求されているトルクが変化された燃料噴射の場合でも達成されることができるか否かに応じて行われる、といことが考えられている。

#### 【0024】

もう一つの拡張例では、燃料噴射の分割の始まりの後で燃焼室内の合計空気過剰率(ラムダ値)が単一の、分割されていない噴射の場合よりもより希薄に事前制御されるといことが考えられている

30

本発明のもう一つの拡張例では、燃料噴射の分割の終了前に、燃焼室内の合計空気過剰率が、均質運転への確実な移行を保証するために、再び分割噴射の開始時よりもより過濃に事前制御されるといことが考えられている。

#### 【0025】

本発明のもう一つの拡張例では、燃料噴射の分割の開始と共に、場合によって発生する壁面損失を補償するための燃料噴射の修正係数(“スタート後エンリッチメント”)が低減されるといことが考えられている。

#### 【0026】

本発明のもう一つの拡張例では、エンジントルクが第一に点火時点と事前制御された空気充填率とによって調整される一方、噴射された燃料質量は直接、検出された空気充填率と事前プログラムされた空気/燃料比に依存しているといことが考えられている。

40

#### 【0027】

噴射量の分割は、場合によっては、少なくとも一つの別の運転パラメータのための少なくとも一つの別の条件が満たされている時にのみ行われる。別の運転パラメータの例は、エンジン温度、燃焼室温度(それぞれ測定されるかモデル化された、例えば、スタート後の積算噴射量)、要求されている基準トルク、回転数である。

#### 【0028】

本発明に基づく分割は、壁面熱損失を減少させ、従って、効率は、悪化させる方向に働く

50

遅延点火の間、遅延点火された均質混合気よりも良くなることもある。

好ましくは、噴射の分割の際の点火は分割無しの時よりも更に遅延される。スタート/立上がりは、十分な充填率を達成するために均質遅延点火である。

【0029】

好ましくは、既に切換えの前に点火の十分な遅延によって効率が悪化されるので、要求されたトルクを維持するために充填率が大きく高められなければならない。これによって、基準トルクが低い場合でも、分割のために要求された充填閾値を上回ることがある。

【0030】

遅延点火の結果としての十分に大きな空気充填率によって、噴射弁の設計は、通常のままでも、より小さな空気充填率と前もって与えられた最大ラムダ値（回転限界条件）の場合に生じる虞れのあるきわどく短い噴射時間が回避される。

10

【0031】

もう一つの利点として、分割の間エンジンスタート後により早く更に希薄化されることができる。何故なら、燃料量を二回の噴射に分割する場合には純粋な均質混合気形成の場合に比べてより良好な希薄運転能力が示されているからである。

【0032】

点火と空気充填率の事前制御は、分割ありの運転と分割無しの運転との間での切換えの際にはもう一度適合されなければならない。この点については切換え、トルク、空気充填率、点火時点、補償のキーワードに関する上述の説明も参照すること。

【0033】

DE 198 50 586 から、成層運転と均質運転との間での切換えを制御するエンジン制御プログラムが知られている。

20

成層運転の際には、エンジンは、できる限り低い燃料消費を達成するために、高度に成層化されたシリンダ吸気と高い空気過剰率で運転される。成層給気は、理想的なケースでは燃焼室を次の二つのゾーンに分割する、遅い燃料噴射によって達成される。第一のゾーンは、点火プラグの周囲に燃焼可能な空気/燃料混合気の霧を含んでいる。

【0034】

このゾーンは、空気と残留ガスから構成された分離層から成る第二のゾーンによって取り巻かれている。消費を最適化するための潜在的な可能性は、吸気交替損失を避けながらエンジンを、十分に絞りを開いて、運転することができるということから生まれる。成層運転は、負荷が比較的低い時に有利である。

30

【0035】

負荷が高くて、出力の最適化が重要となる場合に、エンジンは、均質シリンダ充填で運転される。均質シリンダ充填は、吸気行程の間の早期燃料噴射から生まれる。その結果として、燃焼まで混合気形成のためにより長い時間を利用することができる。出力を最適化するためのこの運転様態の潜在的な可能性は、例えば燃焼室の全容積を燃焼可能な混合気で充填するために利用することから生まれる。

【0036】

本発明の実施例を図面を参照して以下に説明する。

図1の参照符号1は、内燃機関のシリンダの燃焼室を示している。吸気弁2を通して燃焼室への空気の流入が制御される。空気は吸入管3を通して吸入される。吸入空気量は制御装置5によって制御されるスロットル弁4を通して変化させることができる。制御装置には、例えばアクセルペダル6の位置を通しての、ドライバーのトルク要求に関する信号、回転数センサ7からのエンジン回転数 $n$ に関する信号、空気量計或いは吸入管圧力センサ8からの、吸入された空気の量 $m_l$ に関する信号、及び排気ガスセンサ12からの排気ガス組成および/または排気ガス温度に関する信号 $U_s$ が送り込まれる。排気ガスセンサ12は、例えばラムダゾンデとすることができ、この場合に、ラムダゾンデのネルンスト電圧が排気ガス内の酸素含有率を示し、また該ゾンデの内部抵抗がゾンデ温度、排気ガス温度、および/または触媒温度のための尺度として援用される。排気ガスは、少なくとも一つの触媒15を通して導かれ、この中で、有害物質が排気ガスから変換され、および/ま

40

50

たは一時的に吸蔵される。

【0037】

上述のパラメータ、また場合によっては吸入空気温度、冷却剤温度等の内燃機関のその他のパラメータに関するその他の入力信号から、制御装置5はアクチュエータ9によってスロットル弁角度を調節するための、また燃料をエンジンの燃焼室の中へ送り込む燃料噴射弁10の制御のための出力信号を生成する。制御装置によって更に、点火装置11を通して点火が制御される。

【0038】

スロットル弁角度と噴射パルス幅 $t_i$ は、希望するトルク、排気ガス組成、及び排気ガス温度を実現するための、互いに相手に合わせて調整されるべき重要な調節値である。これ等の値に影響を与えるためのもう一つの重要な調節値に、ピストン運動に対する点火の角度位置がある。

10

【0039】

ここで提案されている方法は、燃料主導の運転方式とは異なり、或る程度空気主導の運転方式を示している。燃料主導の運転方式の場合のトルクの調節のための調節値の確定がDE 198 51 990の目的となっている。“燃料主導”の運転方式の場合には、空気充填率（運転時点に依存）は一般に希薄なラムダ用に事前制御される。急激なトルク介入は、直接燃料量を通して、従ってラムダ変動によって行われる。これに対して“空気主導”の運転方式の場合には、空気充填率はラムダを固定して（通常1或いは1の近傍）事前制御される。燃料量は直接実際の空気充填率に対して結合されている。何故なら、このラムダは固定された限界条件だからである。急激なトルク介入は点火時点を通して行われる。従って、ここで好まれている空気主導の運転方式の場合には、エンジントルクは主として点火時点と事前制御された空気充填率とによって調節されるのに対して、噴射される燃料量は直接、検知された空気充填率と事前プログラムされた空気/燃料比に依存している。個々に提案されている方法は、悪いエンジン効率が主として遅延点火に起因しているということの特徴としている。分割噴射がその様な遅い点火を可能にするために、またより高いCO生排出を達成するために用いられる。即ち、切換えの後点火角が更に遅延され、更に多くの空気充填が行われる。本発明によれば、既に分割噴射への切換えの前に、空気充填率を高めるために効率が悪化される。切換えは、十分な空気充填が検出されるや否や、初めて行われる。この過程は“空気主導”で行われる。即ち、ラムダは、1.0近傍の最適値に保持される。トルク介入は点火角を通じて行われる。“燃料主導”の方法の場合には、ラムダコントローラの行程を開けておくために、“最小間隔”ラムダ=1.0に保持されなければならない。これによって“燃料主導”の方法の場合には、排出のために最適となるよりもより希薄化されなければならない。

20

30

【0040】

更に、制御装置は燃焼室内の燃料/空気混合気の効率的な燃焼を達成するために、例えば、図示されていない排気ガス再循環および/またはタンク排気等のその他の機能を制御する。燃焼から生じるガス力は、ピストン13とクランク機構14によってトルクに変換される。

【0041】

この技術分野では、触媒温度は測定することもできれば、或いはエンジンの運転パラメータからモデル化することもできる。内燃機関の排気ガス系内における温度のモデル化は、例えば、USP 5 590 521から知られている。

40

【0042】

この技術分野では、制御装置5は上に述べられた方法、また場合によっては、上に述べられているその拡張例を制御する。

図2aには、回転数の一定値への立ち上がりが見示されている。ここに示されている例では、値は、図2b及び図2cの特徴をより明確とするために、一定となっている。

【0043】

図2bでは、燃焼室の空気充填率は回転数の立ち上がりと共に一旦低下する。並行して点

50

火時点が早期点火（高いトルク）からより遅い点火（より低いトルク）へ移行される。回転数の立ち上がり後、点火時点は遅延の方向へ移動して行く。これによって、例えばトルクリザーブが準備され、トルク損失の内部で点火の早期移行によって迅速な調整が可能となる。このことが、非分割噴射から分割噴射への移行の際に利用される。即ち、噴射の分割によるトルク損失が点火の早期方向への飛躍的な移行によって補正される。次いで、空気充填率が更に高められ、その結果として生じる追加トルクが並行して行われる点火の遅延方向への連続的な移行によってある程度補正される。

【図面の簡単な説明】

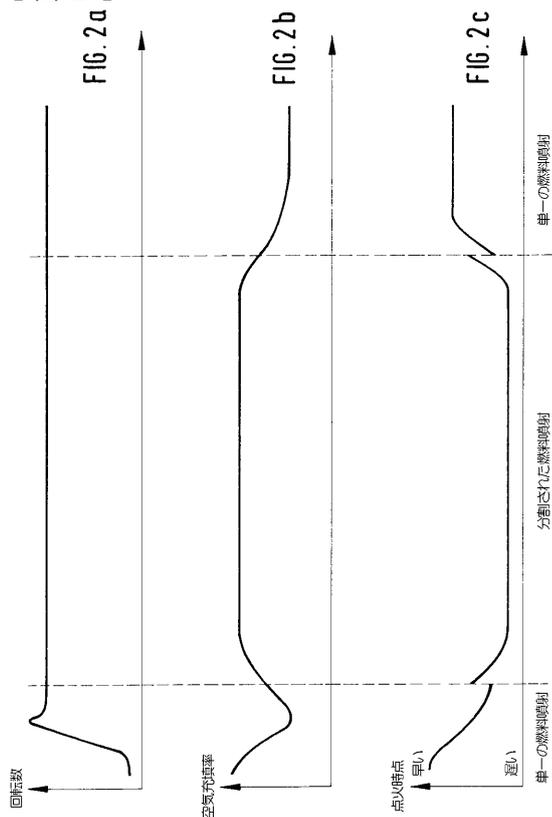
【0044】

【図1】本発明の技術的背景を示す図である。

10

【図2】スタート後の回転数が一定の場合に、単一の噴射と分割された噴射との間の切換えの際の回転数、空気充填率、及び点火時点の原理的な変化を示す。

【図2】



## 【国際公開パンフレット】

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. Juli 2002 (18.07.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/055857 A1

(51) Internationale Patentklassifikation: **F02D 41/02**, [DE/DE]; Lorenzstraße 8, 70182 Stuttgart (DE); **KUF-  
FERATH, Andreas** [DE/DE]; Lembergerweg 21, 71706  
Markgroeningen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00034

(22) Internationales Anmeldedatum: 9. Januar 2002 (09.01.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 101 00 682.9 9. Januar 2001 (09.01.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart 30 (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WAGNER, Jean**

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

**Veröffentlicht:**  
mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.



(54) Title: METHOD FOR HEATING UP A CATALYST IN COMBUSTION ENGINES WITH DIRECT FUEL INJECTION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR AUFHEIZUNG EINER KATALYSATORS BEI VERBRENNUNGSMOTOREN MIT  
BENZINDIREKTEINSPRITZUNG

(57) Abstract: The invention relates to a method for heating up a catalyst in combustion engines with direct fuel injection comprising the following steps: increasing the air charge by simultaneously shifting the ignition to post-ignition, testing whether the filling of the cylinder with air has exceeded a predefined threshold value and distributing the fuel injection into two sub amounts, which are injected before ignition, if the air charge exceeds said threshold value.

(57) Zusammenfassung: Vorgestellt wird ein Verfahren zur Aufheizung eines Katalysators bei Verbrennungsmotoren mit Benzindirekteinspritzung mit den Schritten: Erhöhen der Luftfüllung bei gleichzeitigem verschieben der Zündung nach Spät, Prüfen, ob die Füllung der Zylinder mit Luft eine vorgegebene Schwelle überschreitet, Aufteilen der Kraftstoff-Einspritzung auf zwei Teilmengen, die vor der Zündung eingespritzt werden, wenn die Luftfüllung die Schwelle überschreitet.

WO 02/055857 A1

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 1 -

5

10 Verfahren zur Aufheizung eines Katalysators bei Verbren-  
nungsmotoren mit Benzindirekteinspritzung

15 Es ist bereits bekannt, den Katalysator durch die Folgen ei-  
ner Verschlechterung des Wirkungsgrades der motorischen Ver-  
brennung aufzuheizen. Eine Wirkungsgradverschlechterung der  
motorischen Verbrennung kann beispielsweise durch eine Ab-  
20 weichung des Zündzeitpunktes vom optimalen Zeitpunkt herbei-  
geführt werden, wobei der optimale Zeitpunkt durch den maxi-  
malen Wirkungsgrad definiert wird. Durch die Wirkungsgrad-  
einbuße ist das Abgas heißer im Vergleich zum Betrieb ohne  
Wirkungsgradeinbußen. Es entfaltet daher eine verstärkte  
25 Heizwirkung im Katalysator. Dieses sogenannte motorische Ka-  
theizen hat den Vorzug, ohne zusätzliche Komponenten, bei-  
spielsweise eine Sekundärluftpumpe auszukommen.

Für Motoren mit Benzin-Direkteinspritzung existieren prinzi-  
piell zwei Möglichkeiten, die Abgastemperatur zu erhöhen,  
ohne zusätzliche Komponenten zu verbauen:

30 (i) Verspätete Zündung zur Verschlechterung des Wirkungsgra-  
des der Verbrennung. Das gezündete Gemisch ist dabei  
stöchiometrisch oder leicht mager.

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 2 -

Durch die ansteigende Laufunruhe bei später Zündung ist bei homogenem Gemisch die Spätzündung begrenzt. Bei tiefen Katalysator-Temperaturen können die Emissionen durch leicht mageres Abgaslambda verbessert werden, da der Katalysator die erforderlichen Konvertierungsbedingungen erreicht. Eine Abmagerung ist bei kaltem Motor aber nur eingeschränkt möglich.

(ii) Zusätzliche Einspritzung von Kraftstoff nach erfolgter Zündung zur Nachverbrennung. Das gezündete Gemisch ist dabei sehr mager (Schichtbetrieb) und aufgrund einer Ladungsschichtung noch zündfähig.

Bei einer Nacheinspritzung muß das Durchbrennen der zusätzlich eingespritzten Kraftstoffmasse gewährleistet sein (Nachverbrennung).

Um eine Nachverbrennung im Abgaskrümmen zu gewährleisten, muß dieser in seiner Bauform optimiert werden (frühe Durchmischung, geringe thermische Masse). Andere Ziele (Verringerung des Einbauraumes, Leistungsoptimierung) können dadurch eingeschränkt werden. Prinzipiell wird die Nachverbrennung bei kaltem Abgaskrümmen schlechter ablaufen. Daher können hier die Emissionen kurz nach Start kaum verringert werden, da der Katalysator noch nicht die erforderliche Temperatur aufweist.

Da im Brennraum höhere Temperaturen herrschen, können bei einer Nachverbrennung im Brennraum bereits kurz nach Start geringe Emissionen erreicht werden. Soll der Kraftstoff noch im Brennraum zünden, so müssen die Betriebsparameter in einem engen Fenster gehalten werden. Insbesondere muß die

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 3 -

5 Nacheinspritzung sehr früh abgesetzt werden und trägt daher deutlich zur Momentenentwicklung bei. Diese setzt für kleine Lastpunkte sehr kurze Einspritzzeiten voraus, was sehr hohe Ansprüche an die Einspritzventile impliziert in Bezug auf  
Zuwegsgenauigkeit und Gemischaufbereitung.

10 Um die Probleme der Nacheinspritzung zu vermeiden, soll hier eine Verbesserung des Heizverfahrens mit Spätzündung dargestellt werden.

15 Für Motoren mit Benzin-Direkteinspritzung existiert die Möglichkeit, die Kraftstoff-Einspritzung vor der Zündung aufzuteilen, um die Gemischaufbereitung zu beeinflussen.

20 Durch die Aufteilung der Einspritzung vor Zündung kann der Motorlauf verbessert werden:

(i) Es ist bei verbesserter Laufruhe ein späterer Zündzeitpunkt möglich.

25 (ii) Das Gemisch kann früher und stärker abgemagert werden als ein rein homogenes Gemisch mit gleichmäßiger Ausfüllung des Brennraums mit Kraftstoff/Luft-Gemisch.

(iii) Gegenüber der Nacheinspritzung von Kraftstoff zeigt sich das Verfahren deutlich robuster und vermeidet extrem kurze Einspritzzeiten, mit den oben genannten Nachteilen.

30 Um einen sicheren Start und Hochlauf zu gewährleisten, können diese Phasen noch mit einer einfachen homogenen Einspritzung erfolgen.

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 4 -

- 5 Eine Aufteilung der Einspritzung erfolgt erfindungsgemäß erst, sobald ausreichend Luftfüllung vorhanden ist. Dadurch werden zu kurze Einspritzzeiten vermieden. Außerdem wird so sichergestellt, daß die zur Gemischaufbereitung notwendige Ladungsbewegung vorhanden ist.
- 10 Durch die Aufteilung der Einspritzung entsteht eine Gemisch-Schichtung. Dadurch kann an der Zündkerze ein eher fettes Gemisch anliegen, obwohl das Summenlambda noch mager ist.
- 15 Durch das fette Gemisch um die Kerze kann ein sicheres Zünden auch bei sehr magerem Summenlambda sichergestellt werden.
- 20 Zusätzlich kann - trotz später Zündung - ein sicheres, schnelles Anbrennen des Gemischs gewährleistet werden. Dadurch erhöht sich die Laufruhe bei später Zündung.
- 25 Die sich bei der geteilten, vor der Zündung erfolgenden Einspritzung einstellende Gemischverteilung (idealisiert fett in Brennraummitte und mager an der Brennraumwand) kann die Wandwärmeverluste verringern. Abhängig von Brennraumform und den Parametern kann das folgende Auswirkungen haben:
- 30 (i) Höhere Abgastemperatur bei gleicher Abgasmenge, d. h. mehr Heizleistung: Die light-off-Temperatur, bei der die Schadstoffkonvertierung im Katalysator beginnt, wird schneller erreicht.
- (ii) Geringere Abgasmenge bei gleicher Temperatur, da die Wandwärmeverluste niedriger sind: Die Verweilzeiten der Schadstoffkomponenten in Krümmer und Katalysator sind dann

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 5 -

länger, wodurch eine Nachreaktion gefördert wird. Die Emissionen nach Katalysator können also auch hierdurch verbessert werden.

5 Durch die inhomogene Gemischverteilung kann, speziell aus den fetten Bereichen, eine erhöhte CO-Rohemission erzielt werden. CO-Grenzwerte können erfahrungsgemäß leicht erfüllt werden. Eine erhöhte CO-Rohemission kann aber zu einem früheren light-off des Katalysators genutzt werden, da die  
10 Light-off-Temperatur für CO unter der von Kohlenwasserstoffen liegt. Gleichzeitig sinken die NOx-Emissionen, da sowohl im Fettbereich als auch in der mageren Randzone weniger NOx entsteht.

15 Bei der vorgeschlagenen Heizstrategie wird die Zündung prinzipiell verspätet. Ob zusätzlich die Kraftstoff-Einspritzung aufgeteilt wird, kann von einem oder mehreren Betriebsparametern, beispielsweise von der Luftfüllung, der Motortemperatur, der Brennraumtemperatur (jeweils gemessen oder modelliert, z.B: kumulierte Einspritzmasse nach Start), dem angeforderten Sollmoment und/oder der Drehzahl  
20 abhängen.

Bei einer aufgeteilten Einspritzung ist der Verbrennungswirkungsgrad unterschiedlich zur einfachen, homogenen Einspritzung. Dies wird beim Umschalten der Einspritzung berücksichtigt, indem mit der Umschaltung der Zündzeitpunkt angepaßt wird. Zusätzlich kann vor der Umschaltung die vorgesteuerte Luftfüllung angepaßt werden. Die Änderung des Drehmomentes aufgrund der Luftfüllungsänderung wird dann  
30 über eine Änderung des Zündzeitpunktes, die das Drehmoment gegenläufig beeinflusst, kompensiert.

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 6 -

Die Einspritzung soll erst dann umgeschaltet werden, sobald die aktuelle Luftfüllung eine Einstellung des geforderten Drehmomentes über eine Anpassung des Zündzeitpunktes erlaubt.

5

Da für einen Betrieb mit geteilter Einspritzung andere Betriebsgrenzen gelten, wird gegebenenfalls ein magereres Summenlambda und/oder eine spätere Zündung eingestellt.

10

Notwendige Anreicherungen für die Kompensation von Wandfilmeffekten o.Ä. („Nachstartanreicherung“) werden für die beiden Einspritzungen unterschiedlich berücksichtigt.

15

Im einzelnen betrifft das erfindungsgemäße Verfahren die Aufheizung eines Katalysators bei Verbrennungsmotoren, mit den Schritten:

20

- Erhöhen der Luftfüllung bei gleichzeitigem Verstellen der Zündung nach Spät zur Kompensation der zusätzlichen Luft,
- Prüfen, ob die Luftfüllung der Zylinder eine vorgegebene Schwelle überschreitet,
- Aufteilen der Kraftstoff-Einspritzung auf zwei Teilmen- gen, die vor der Zündung eingespritzt werden, sobald die Luftfüllung die Schwelle überschreitet.

25

Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß mit der Umschaltung der Kraftstoffeinspritzung auch der Zündzeitpunkt angepasst wird, um gleichbleibendes Moment während der Umschaltung zu gewährleisten. Dadurch wird vorteilhafterweise eine Wirkungsgradänderung, wie sie als Folge der Aufteilung der Kraftstoffeinspritzung zu erwarten ist, kompensiert.

30

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 7 -

5 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß nach erfolgter Umschaltung der Kraftstoffeinspritzung auf geteilte Einspritzungen die Luftfüllung weiter erhöht und die Zündung zur Kompensation des durch die zusätzliche Luft zu erwartenden Drehmomentanstiegs weiter verspätet wird.

10 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß die Vorsteuerung der Luftfüllung vor Beenden der Aufteilung der Kraftstoff-Einspritzung entsprechend der Änderung von Wirkungsgrad und Brenngrenzen durch die Umschaltung wieder reduziert wird.

15 Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, daß in Verbindung mit der Umschaltung der Kraftstoffeinspritzung jeweils zuerst die Vorsteuerung der Luftfüllung entsprechend der erwarteten Wirkungsgradänderung angepasst wird, die Änderung der Luftfüllung durch Anpassung des Zündzeitpunkts korrigiert wird und die Umschaltung der Kraftstoff-Einspritzung abhängig davon erfolgt, ob das angeforderte Moment bei der aktuellen  
20 Luftfüllung und den bekannten Brenngrenzen auch bei der geänderten Kraftstoff-Einspritzung erreicht werden kann.

25 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß das Summenlambda im Brennraum nach dem Beginn der Aufteilung der Kraftstoff-Einspritzung magerer vorgesteuert wird als bei einfacher, nicht aufgeteilter Einspritzung.

30 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß vor dem Ende der Aufteilung der Kraftstoff-Einspritzung das Summen-Lambda im Brennraum wieder fetter vorgesteuert wird als beim Beginn der geteilten Einspritzung, um einen sicheren Übergang auf den Homogenbetrieb zu gewährleisten.

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 8 -

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß mit Beginn der Aufteilung der Kraftstoff-Einspritzung die Korrektur der Kraftstoffeinspritzung zur Kompensation eventueller Wandverluste ("Nachstartanreicherung") reduziert wird.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß das Motormoment primär durch den Zündzeitpunkt und die vorgesteuerte Luftfüllung eingestellt wird, während die eingespritzte Kraftstoffmasse direkt von der erfassten Luftfüllung und einem vorprogrammierten Luft/Kraftstoffverhältnis abhängt.

Gegebenenfalls wird die Aufteilung der Einspritzmenge nur vorgenommen, wenn wenigstens eine weitere Bedingung für wenigstens einen weiteren Betriebsparameter erfüllt ist. Beispiele weiterer Betriebsparameter sind: Motortemperatur, Brennraumtemperatur (jeweils gemessen oder modelliert, z.B.: kumulierte Einspritzmasse nach Start), angefordertes Sollmoment, Drehzahl.

Die erfindungsgemäße Aufteilung vermindert die Wandwärmeverluste, der Wirkungsgrad kann daher während der verschlechternd wirkenden Spätzündung gegenüber spät gezündetem homogenem Gemisch besser werden.

Vorteilhafterweise wird die Zündung bei einer Aufteilung der Einspritzung weiter verzögert als ohne Aufteilung. Start/Hochlauf sind homogen mit später Zündung um ausreichend Füllung aufzubauen (siehe unten).

Vorteilhafterweise wird bereits vor der Umschaltung durch eine weitgehende Spätverstellung der Zündung der Wirkungs-

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 9 -

grad so verschlechtert, daß die Füllung zur Aufrechterhaltung des geforderten Momentes stark erhöht werden muß. Dadurch kann die für die Aufteilung geforderte Füllungsschwellen auch bei niedrigen Sollmomenten überschritten werden.

5

Durch eine als Folge der Spätzündung hinreichend große Luftfüllung können auch bei üblicher Auslegung der Einspritzventile kritisch kleine Einspritzzeiten vermieden werden, die bei kleinerer Luftfüllung und vorgegebenem maximalen Lambda (Laufgrenzenbedingung) auftreten könnten.

10

Als weiterer Vorteil kann während einer Aufteilung früher nach einem Motorstart weiter abgemagert werden, da sich bei einer Aufteilung der Kraftstoffmenge auf zwei Einspritzungen eine im Vergleich zu rein homogener Gemischaufbereitung verbesserte Magerlauffähigkeit gezeigt hat.

15

Die Zündung und Vorsteuerung der Luftfüllung muß bei Umschaltung zwischen Betrieb mit und ohne Aufteilung nochmals angepaßt werden. Siehe dazu auch die vorstehenden Ausführungen zu den Stichworten Umschaltung, Drehmoment Luftfüllung, Zündzeitpunkt, Kompensation.

20

Aus der DE 198 50 586 ist ein Motorsteuerungsprogramm bekannt, das die Umschaltung zwischen Schichtbetrieb und Homogenbetrieb steuert.

25

Im Schichtbetrieb wird der Motor mit einer stark geschichteten Zylinderladung und hohem Luftüberschuß betrieben, um einen möglichst niedrigen Kraftstoffverbrauch zu erreichen. Die geschichtete Ladung wird durch eine späte Kraftstoffeinspritzung erreicht, die im Idealfall zur Aufteilung des Brennraums in zwei Zonen führt: Die erste Zone enthält eine brennfähige Luft-Kraftstoff-Gemischwolke an der Zündkerze.

30

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 10 -

Sie wird von der zweiten Zone umgeben, die aus einer isolierenden Schicht aus Luft und Restgas besteht. Das Potential zur Verbrauchsoptimierung ergibt sich aus der Möglichkeit, den Motor unter Vermeidung von Ladungswechselverlusten weitgehend ungedrosselt zu betreiben. Der Schichtbetrieb wird bei vergleichsweise niedriger Last bevorzugt.

Bei höherer Last, wenn die Leistungsoptimierung im Vordergrund steht, wird der Motor mit homogener Zylinderfüllung betrieben. Die homogene Zylinderfüllung ergibt sich aus einer frühen Kraftstoffeinspritzung während des Ansaugvorganges. Als Folge steht bis zur Verbrennung eine größere Zeit zur Gemischbildung zur Verfügung. Das Potential dieser Betriebsart zur Leistungsoptimierung ergibt sich zum Beispiel aus der Ausnutzung des gesamten Brennraumvolumens zur Füllung mit brennfähigem Gemisch.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Blick auf die Figur erläutert. Dabei zeigt Fig. 1 das technische Umfeld der Erfindung und Fig. 2 zeigt den prinzipiellen Verlauf von Drehzahl, Luftfüllung und Zündzeitpunkt bei Umschaltungen zwischen einfacher und geteilter Einspritzung nach einem Start bei konstanter Drehzahl.

Die 1 in der Fig. 1 repräsentiert den Brennraum eines Zylinders eines Verbrennungsmotors. Über ein Einlaßventil 2 wird der Zustrom von Luft zum Brennraum gesteuert. Die Luft wird über ein Saugrohr 3 angesaugt. Die Ansaugluftmenge kann über eine Drosselklappe 4 variiert werden, die von einem Steuergerät 5 angesteuert wird. Dem Steuergerät werden Signale über den Drehmomentwunsch des Fahrers, bspw. über die Stellung eines Fahrpedals 6, ein Signal über die Motordrehzahl  $n$  von einem Drehzahlgeber 7, ein Signal über die Menge  $m_l$  der angesaugten Luft von einem Luftmengenmesser oder Saugrohr-

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 11 -

drucksensor 8 und ein Signal  $U_s$  über die Abgaszusammensetzung und/oder Abgastemperatur von einem Abgassensor 12 zugeführt. Abgassensor 12 kann beispielsweise eine Lambdasonde sein, deren Nernstspannung den Sauerstoffgehalt im Abgas angibt und deren Innenwiderstand als Maß für die Sonden-, Abgas- und/oder Katalysator-Temperatur herangezogen wird. Das Abgas wird durch wenigstens einen Katalysator 15 geführt, in dem Schadstoffe aus dem Abgas konvertiert und/oder vorübergehend gespeichert werden.

Aus diesen und ggf. weiteren Eingangssignalen über weitere Parameter des Verbrennungsmotors wie Ansaugluft- und Kühlmitteltemperatur und so weiter bildet das Steuergerät 5 Ausgangssignale zur Einstellung des Drosselklappenwinkels  $\alpha$  durch ein Stellglied 9 und zur Ansteuerung eines Kraftstofffeinspritzventils 10, durch das Kraftstoff in den Brennraum des Motors dosiert wird. Außerdem wird durch das Steuergerät die Auslösung der Zündung über eine Zündeinrichtung 11 gesteuert.

Der Drosselklappenwinkel  $\alpha$  und die Einspritzimpulsbreite  $t_i$  sind wesentliche, aufeinander abzustimmende Stellgrößen zur Realisierung des gewünschten Drehmomentes, der Abgaszusammensetzung und der Abgastemperatur. Eine weitere wesentliche Stellgröße zur Beeinflussung dieser Größen ist die Winkellage der Zündung relativ zur Kolbenbewegung.

Das hier vorgeschlagene Verfahren stellt gewissermaßen eine luftgeführte Betriebsart im Gegensatz zu einer kraftstoffgeführten Betriebsart dar. Eine Bestimmung von Stellgrößen zur Einstellung des Drehmomentes für eine kraftstoffgeführte Betriebsart ist Gegenstand der DE 198 51 990. Bei einer "kraftstoffgeführten" Betriebsart wird die Luftfüllung (betriebspunktabhängig) für ein generell mageres  $\lambda$  vorge-

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 12 -

steuert. Schnelle Momenteneingriffe erfolgen direkt über die Kraftstoffmenge - also durch Lambdaschwankungen. Bei einer "luftgeführten" Betriebsart wird die Luftfüllung dagegen für ein festes Lambda (normalerweise 1 oder nahe 1) vorgesteuert. Die Kraftstoffmenge ist direkt an die aktuelle Luftfüllung gekoppelt, da das Lambda eine starre Randbedingung ist. Schnelle Momenteneingriffe erfolgen über den Zündzeitpunkt. Bei der hier bevorzugten luftgeführten Betriebsart wird das Motormoment daher primär durch den Zündzeitpunkt und die vorgesteuerte Luftfüllung eingestellt, während die eingespritzte Kraftstoffmasse direkt von der erfassten Luftfüllung und einem vorprogrammierten Luft/Kraftstoffverhältnis abhängt. Das hier vorgestellte Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß der schlechte motorische Wirkungsgrad hauptsächlich aus der späten Zündung resultiert. Die geteilte Einspritzung wird verwendet, um eine so späte Zündung überhaupt möglich zu machen und höhere CO-Rohemissionen zu erzielen. D.h., nach der Umschaltung wird der Zündwinkel weiter verspätet und noch mehr Luftfüllung aufgebaut. Erfindungsgemäß wird bereits vor der Umschaltung auf geteilte Einspritzungen der Wirkungsgrad verschlechtert, um die Luftfüllung zu erhöhen. Die Umschaltung erfolgt erst, sobald ausreichend Luftfüllung detektiert wurde. Es wird "luftgeführt" gefahren. D.h. das Lambda wird auf einem optimalen Wert nahe 1.0 gehalten. Momenteneingriffe erfolgen über Zündwinkel. Bei "kraftstoffgeführten" Verfahren muß ein "Mindestabstand" zu Lambda=1.0 gehalten werden, um einen Lambda-Reglerhub freizuhalten. Damit muß bei einem "kraftstoffgeführten" Verfahren magerer gefahren werden, als es für die Emissionen optimal wäre.

Weiterhin steuert das Steuergerät weitere Funktionen zur Erzielung einer effizienten Verbrennung des Kraftstoff/Luftgemisches im Brennraum, beispielsweise eine nicht

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 13 -

dargestellte Abgasrückführung und/oder Tankentlüftung. Die aus der Verbrennung resultierende Gaskraft wird durch Kolben 13 und Kurbeltrieb 14 in ein Drehmoment gewandelt.

5 In diesem technischen Umfeld kann die Katalysatortemperatur gemessen werden oder aus Betriebsgrößen des Motors modelliert werden. Die Modellierung von Temperaturen im Abgastrakt von Verbrennungsmotoren ist beispielsweise aus der US 5 590 521 bekannt.

10 In diesem technischen Umfeld steuert die Steuereinrichtung 5 das oben angegebene Verfahren und gegebenenfalls seine angegebenen Ausgestaltungen.

15 Fig. 2 zeigt in Fig. 2a den Hochlauf der Drehzahl auf einen konstanten Wert. Im dargestellten Beispiel ist der Wert konstant, um die Erfindung in den Figuren 2 b und 2 c deutlicher hervortreten zu lassen.

20 In Fig. 2 b nimmt die Luftfüllung der Brennräume mit dem Hochlaufen der Drehzahl zunächst ab. Parallel wird der Zündzeitpunkt von früherer Zündung (hohes Moment) zu späterer Zündung (niedrigeres Moment) verstellt. Nach Drehzahlhochlauf läuft der Zündzeitpunkt in Richtung spät. Dadurch wird  
25 beispielsweise eine Drehmomentreserve bereitgestellt, innerhalb der Drehmomentverluste durch Frühverstellung der Zündung schnell ausgeglichen werden können. Dies wird beim Übergang von ungeteilter Einspritzung zu aufgeteilter Einspritzung ausgenutzt: Ein Drehmomentverlust durch die Auf-  
30 teilung der Einspritzung wird durch eine sprunghafte Frühverstellung der Zündung kompensiert. Anschließend wird die Luftfüllung weiter erhöht und das daraus resultierende Zu-

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 14 -

satzmoment wird durch eine parallele stetige Spätverstellung  
der Zündung gewissermaßen kompensiert.

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 15 -

5

10 Ansprüche

1. Verfahren zur Aufheizung eines Katalysators bei Verbrennungsmotoren mit Benzindirekteinspritzung mit den  
15 Schritten:
  - Erhöhen der Luftfüllung bei gleichzeitigem Verstellen der Zündung nach Spät,
  - Prüfen, ob die Luftfüllung der Zylinder eine vorgegebene Schwelle überschreitet,
  - 20 - Aufteilen der Kraftstoff-Einspritzung auf zwei Teilmen-  
gen, die vor der Zündung eingespritzt werden, sobald die Luftfüllung die Schwelle überschreitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
25 bei der Aufteilung der Kraftstoffeinspritzung auch der Zündzeitpunkt angepasst wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-  
durch gekennzeichnet, daß nach erfolgter Umschaltung auf  
30 aufgeteilte Kraftstoffeinspritzung die Luftfüllung wei-  
ter erhöht und die Zündung weiter verspätet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß  
die Vorsteuerung der Luftfüllung vor Beenden der Auftei-

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 16 -

lung der Kraftstoff-Einspritzung entsprechend der Änderung von Wirkungsgrad und Brenngrenzen durch die Umschaltung wieder reduziert wird.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
- bei dem zur Umschaltung der Kraftstoffeinspritzung jeweils zuerst die Vorsteuerung der Luftfüllung entsprechend der erwarteten Wirkungsgradänderung angepasst wird,  
10 - die Änderung der Luftfüllung durch Anpassung des Zündzeitpunkts korrigiert wird,  
- die Umschaltung der Kraftstoff-Einspritzung abhängig davon erfolgt, ob das angeforderte Moment bei der aktuellen Luftfüllung und den bekannten Brenngrenzen auch bei  
15 der geänderten Kraftstoff-Einspritzung erreicht werden kann.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Abgaslambda abhängig vom Betriebszustand fett  
20 oder mager eingestellt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mit Beginn der Aufteilung der Kraftstoff-Einspritzung das Summen-Lambda im Brennraum  
25 magerer vorgesteuert wird als bei einfacher Einspritzung.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem vor Ende der Aufteilung der Kraftstoff-Einspritzung das Summen-Lambda im Brennraum wieder fetter vorgesteuert wird als beim Beginn der geteilten Einspritzung.  
30

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

- 17 -

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei dem die magere Vorsteuerung vom Betriebszustand abhängt.
- 5 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mit Beginn der Aufteilung der Kraftstoff-Einspritzung die Korrektur der Kraftstoffeinspritzung zur Kompensation eventueller Wandverluste ("Nachstartanreicherung") reduziert wird.
- 10 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine das Motormoment primär durch den Zündzeitpunkt und die vorgesteuerte Luftfüllung eingestellt wird, während die eingespritzte Kraftstoffmasse direkt von der erfassten Luftfüllung und einem vorprogrammierten
- 15 Luft/Kraftstoffverhältnis abhängt.
12. Steuereinrichtung zur Durchführung wenigstens eines der Verfahren nach den Ansprüchen 1 - 11.

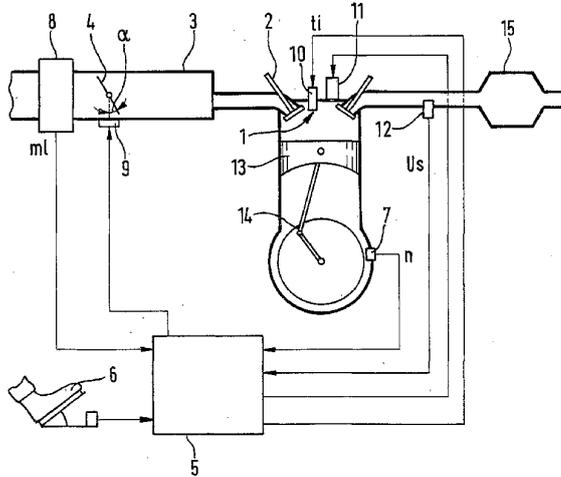
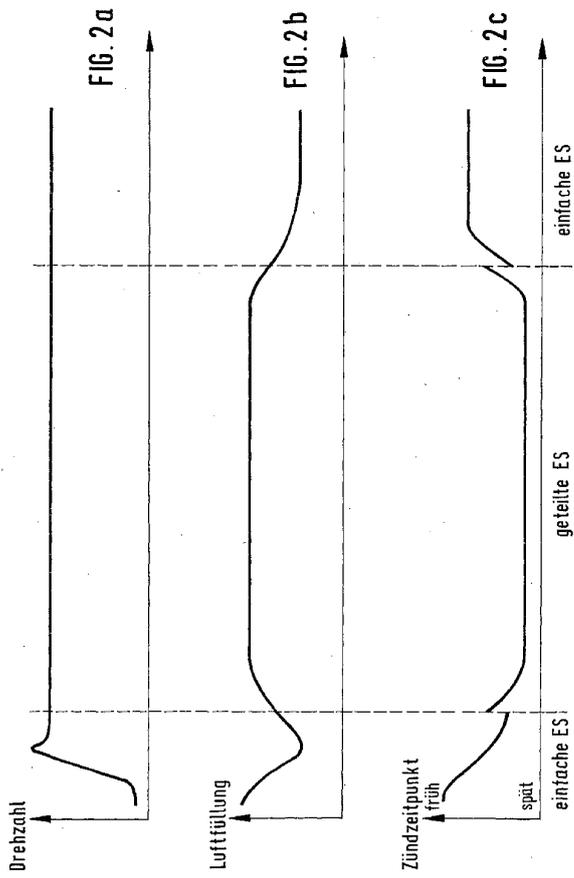


FIG. 1

WO 02/055857

PCT/DE02/00034

2/2



ERSATZBLATT (REGEL 26)

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/DE 02/00034
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 F02D41/02 F02D37/02		
<i>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</i>		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 F02D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X, P	EP 1 130 241 A (MAZDA MOTOR) 5 September 2001 (2001-09-05) column 2, line 6 - column 4, line 14 column 10, line 28 - column 11, line 21 ---	1-12
X	EP 0 856 655 A (MAZDA MOTOR) 5 August 1998 (1998-08-05) column 3, line 4 - line 40 column 8, line 4 - line 10 column 8, line 35 - line 52 column 15, line 15 - line 47 ---	1-12
A	WO 00 08329 A (ARAKI KEIJI, MAZDA MOTOR (JP); KONO SEIKO (JP); KUJI YUICHI (JP);) 17 February 2000 (2000-02-17) page 6, line 22 - page 7, line 15 page 15, line 14 - page 17, line 2 page 20, line 20 - page 21, line 21 ---	1-12
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of box C.	<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents:		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone **Y* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
13 May 2002		04/06/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2200 PH The Hague Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-2016		Authorized officer  Wettmann, M

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1999)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 02/00034

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 990 794 A (HONDA MOTOR CO LTD) 5 April 2000 (2000-04-05) page 2, line 21 - line 31 page 3, line 51 - line 58 page 4, line 40 - line 48 -----	1-12

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/DE 02/00034

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1130241	A	05-09-2001	JP 2001248481 A EP 1130241 A2 US 2001018825 A1	14-09-2001 05-09-2001 06-09-2001
EP 0856655	A	05-08-1998	JP 10212987 A CN 1189577 A ,B EP 0856655 A2 US 6044642 A	11-08-1998 05-08-1998 05-08-1998 04-04-2000
WO 0008329	A	17-02-2000	JP 2000045843 A CN 1274407 T EP 1019623 A1 WO 0008329 A1 US 6345499 B1	15-02-2000 22-11-2000 19-07-2000 17-02-2000 12-02-2002
EP 0990794	A	05-04-2000	JP 2000110657 A EP 0990794 A2 US 6209517 B1	18-04-2000 05-04-2000 03-04-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT		Internationales Aktenzeichen PCT/DE 02/00034
A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 F02D41/02 F02D37/02		
Nach der Internationalen Patentreklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchiertes Mindestprüfobjekt (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 F02D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfobjekt gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Bstr. Anspruch Nr.
X, P	EP 1 130 241 A (MAZDA MOTOR) 5. September 2001 (2001-09-05) Spalte 2, Zeile 6 - Spalte 4, Zeile 14 Spalte 10, Zeile 28 - Spalte 11, Zeile 21 ---	1-12
X	EP 0 856 655 A (MAZDA MOTOR) 5. August 1998 (1998-08-05) Spalte 3, Zeile 4 - Zeile 40 Spalte 8, Zeile 4 - Zeile 10 Spalte 8, Zeile 35 - Zeile 52 Spalte 15, Zeile 15 - Zeile 47 ---	1-12
A	WO 00 08329 A (ARAKI KEIJI ; MAZDA MOTOR (JP); KONO SEIKO (JP); KUJI YOUICHI (JP);) 17. Februar 2000 (2000-02-17) Seite 6, Zeile 22 - Seite 7, Zeile 15 Seite 15, Zeile 14 - Seite 17, Zeile 2 Seite 20, Zeile 20 - Seite 21, Zeile 21 --- -/-	1-12
<input checked="" type="checkbox"/>	Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
<sup>a</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist. *E* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist. *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung bezeugt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgefüllt). *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht. *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist.		*1* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der für zugrundeliegenden Theorie angegeben ist. *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. ** Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gezeichnet wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. *S* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist.
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
13. Mai 2002		04/06/2002
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2520 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax. (+31-70) 340-3010		Bevollmächtigter Beauftragter  Wettemann, M

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1999)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT		Internationales Aktenzeichen PCT/DE 02/00034
C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beiz. Anspruch Nr.
A	EP 0 990 794 A (HONDA MOTOR CO LTD) 5. April 2000 (2000-04-05) Seite 2, Zeile 21 - Zeile 31 Seite 3, Zeile 51 - Zeile 58 Seite 4, Zeile 40 - Zeile 48	1-12

Formblatt PCT/ISA210 (Fortsetzung von Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT				Internationales Aktenzeichen	
Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören				PCT/DE 02/00034	
Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1130241	A	05-09-2001	JP 2001248481 A		14-09-2001
			EP 1130241 A2		05-09-2001
			US 2001018825 A1		06-09-2001
EP 0856655	A	05-08-1998	JP 10212987 A		11-08-1998
			CN 1189577 A ,B		05-08-1998
			EP 0856655 A2		05-08-1998
			US 6044642 A		04-04-2000
WO 0008329	A	17-02-2000	JP 2000045843 A		15-02-2000
			CN 1274407 T		22-11-2000
			EP 1019623 A1		19-07-2000
			WO 0008329 A1		17-02-2000
			US 6345499 B1		12-02-2002
EP 0990794	A	05-04-2000	JP 2000110657 A		18-04-2000
			EP 0990794 A2		05-04-2000
			US 6209517 B1		03-04-2001

## フロントページの続き

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 D 41/02	F 0 2 B 23/10	Z
F 0 2 D 43/00	F 0 2 D 41/02	3 0 1 A
F 0 2 P 5/15	F 0 2 D 43/00	3 0 1 B
	F 0 2 D 43/00	3 0 1 E
	F 0 2 D 43/00	3 0 1 H
	F 0 2 P 5/15	B

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(72)発明者 ヴァーグナー, ジーン

ドイツ連邦共和国 7 0 1 8 2 シュトゥットガルト, ロルツェンシュタッフエル 8

(72)発明者 クッフェラス, アンドレアス

ドイツ連邦共和国 7 1 7 0 6 マルクグレニンゲン, レムベルガーヴェーク 2 1