

(19)대한민국특허청(KR) (12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. F02M 69/00 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년07월19일 10-0576245 2006년04월26일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-1998-0002561 1998년01월30일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-1998-0070939 1998년10월26일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장	97-017196	1997년01월30일	일본(JP)
------------	-----------	-------------	--------

(73) 특허권자	마즈다 가부시키키가이샤 일본국 히로시마켄 아키군 후츄쵸 신치 3반 1고
-----------	--

(72) 발명자	니시무라 히로후미 일본국 히로시마켄 아키군 후츄쵸 신치 3반 1고마즈다 가부시키키가이샤 내
----------	--

야마시타 히로유키 일본국 히로시마켄 아키군 후츄쵸 신치 3반 1고마즈다 가부시키키가이샤 내
--

구지 요이치 일본국 히로시마켄 아키군 후츄쵸 신치 3반 1고마즈다 가부시키키가이샤 내

오타 노리유키 일본국 히로시마켄 아키군 후츄쵸 신치 3반 1고마즈다 가부시키키가이샤 내
--

(74) 대리인	한양특허법인
----------	--------

심사관 : 유보영

(54) 통내분사식엔진

요약

본 발명은 연료를 직접 연소실 내로 분사하는 인젝터를 구비한 통내분사식 엔진에 있어서, 촉매 냉기시에 엔진으로부터의 HC, NOx 등의 배출량을 저감하고, 또한 촉매의 위밍업을 촉진함으로써 대폭으로 엔진을 개선하는 것으로서, 배기가스 정화용 촉매(22)가 냉기 상태일 때, 연료를 직접 연소실로 분사하는 인젝터(11)로 흡기행정과 압축행정의 분할 분사를 행함으로써, 연소실내의 점화플러그 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에 그 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성한다. 이 상태에서 연소를 행하게 함으로써 엔진으로부터의 HC, NOx의 배출량을 저감하고, 또한 배기온도를 높여 촉매의 위밍업을 촉진한다.

대표도

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시형태에 의한 통내분사식 엔진의 엔진 본체부분의 구조를 도시한 단면도.

도 2는 통내분사식 엔진 전체의 개략도.

도 3은 연료계통의 구성설명도.

도 4는 인젝터에 의해 분할분사가 이루어질 때의 흡기행정분사 및 압축행정분사의 분사펄스를 도시한 도면.

도 5는 제어패턴의 일례를 도시한 타이밍 차트도.

도 6은 인젝터에 의해 분할분사가 이루어질 때의 흡기행정분사 및 압축행정분사의 분사량을 도시한 도면.

도 7은 포트분사엔진, 직접 분사 엔진에 의한 흡기행정분사 및 분할분사의 각 경우의 비교데이터를 도시한 그래프도로서, (a)는 HC배출량, (b)는 NOx배출량, (c)는 배기온도, (d)는 연비율을 각각 나타낸 도면.

도 8은 점화시기 지연(retard)에 의해 배기온도를 상승시키도록 한 경우의 연비 및 에미션의 변화에 대한 데이터를 도시한 그래프도로서, (a)는 연비, (b)는 HC배출량의 변화의 비율, (c)는 NOx배출량의 변화의 비율을 각각 나타낸 도면.

도 9는 통내분사식 엔진에 있어서 흡기행정분사의 타이밍을 여러 가지로 바꾼 경우의 실린더벽으로의 연료부착비율 및 HC배출량의 변화를 나타낸 그래프도.

도 10은 흡기포트 분사엔진의 경우와 통내분사식 엔진에 의해 성층연소를 행한 경우에 대해, 공연비와 NOx배출량도의 관계를 도시한 설명도.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

1 : 엔진본체 4 : 피스톤

5 : 연소실 10 : 점화 플러그

11 : 인젝터 13 : 캐비티

17 : 흡기유동 제어밸브 26 : 수온 센서

30 : ECU 31 : 온도상태 제어수단

32 : 연료공급 제어수단 33 : 점화시기 제어수단

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 연료를 직접 연소실 내로 분사하는 인젝터를 구비한 통내분사식 엔진에 관한 것이다.

종래, 연료를 직접 연소실 내로 분사하는 인젝터를 구비한 통내분사식 엔진은 알려져 있다. 이 엔진에서는 저부하시에, 상기 인젝터로부터 압축행정 후반에 연료를 분사함으로써 점화 플러그 주변에 혼합기가 편재하는 상태로서, 소위 성층연소를 행하도록 하고 있다. 이와 같이 하면, 연소 안정성을 확보하면서 공연비를 희박(lean)으로 하고, 연비를 좋게 할 수 있다.

또, 예를 들면 일본국 특개평 8-193536호 공보에 개시되는 바와 같이, 통내분사식 엔진에 있어서, 엔진의 시동시(크랭킹 중)에, 상기 인젝터로부터 흡기행정과 압축행정에 각각 연료를 분사하는 분할분사를 행하고, 흡기행정분사에서 연소실내에 화염전파가 가능한 혼합기를 분산시킴과 동시에, 압축행정 분사로 점화 플러그 부근에 착화가능한 혼합기를 형성하도록 한 것도 제안되어 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그런데, 자동차 등의 엔진에서는 배기가스중에 HC, CO, NO_x가 포함되어 있고, 에미션의 개선으로서 이들 유해성분의 발생, 방출을 가능한한 감소시키는 것이 요구된다. 이 때문에, 배기통로중에 촉매를 설치하여 배기가스를 정화하는 것은 종래부터 이루어지고 있고, 촉매로서는 이론공연비 부근에서 HC, CO, NO_x를 정화할 수 있는 3원촉매가 일반적으로 알려져 있으며, 또 성층연소에 의한 린번(lean burn)에 적합하도록 린 운전영역에서도 NO_x의 정화가 가능한 촉매도 개발되어 있다.

그러나, 배기가스정화용 촉매는 활성화온도보다 저온의 냉기시에는 충분히 정화작용을 발휘할 수 없고, 이와 같은 때에 HC(및 CO)나 NO_x가 많이 방출되기 쉽다. 이 때문에 촉매냉기시 등에 엔진으로부터 배기통로에의 HC, NO_x의 배출량이 감소됨과 동시에, 촉매의 워밍업을 빠르게 하도록 하는 것이 요구된다.

그런데, 상기 통내분사형 엔진에서 촉매냉기시에도 압축행정분사에 의해 성층연소를 행하여 공연비를 린으로 한 경우에는, 열효율이 높아지는 반면, 배기통로에 방출되는 열량이 적기 때문에 촉매가 워밍업되기 어렵다고 하는 부적당한 경우가 있다.

또, 상기 공보에 개시되어 있는 장치에서는 시동시에 분할분사를 행하고 있지만, 이것은 어디까지나 시동시의 대책이고, 시동후의 촉매냉기중의 에미션이나 촉매의 워밍업에 대한 대책을 나타낸 것은 아니다. 또한, 이와 같이 시동시에 흡기행정 분사와 압축행정분사를 행하면, 오히려 압축행정분사의 연료가 점화 플러그에 부착하여 착화성이 손실될 가능성이 있다.

또한, 촉매의 워밍업을 촉진하기 위해서는 배기통로중에 있어서의 촉매의 위치를 엔진본체에 접근시키고, 예를 들면 배기 매니폴드에 촉매를 직결하는 것이 고려되지만, 이와 같이 하면, 배기온도가 높아지는 고속고부하시에, 촉매의 온도가 지나치게 상승하여 그 기능이 손실되는 것이 염려되기 때문에, 출력공연비보다 연료를 과잉으로 공급하는 오버리치로서 연료의 기화교체열로 배기온도를 인하하는 방법이 필요해지고, 이 때문에 고속연비가 악화한다.

그래서, 고속연비개선을 위해서는 고속고부하시에 상기 오버리치상태로 하지 않아도 촉매온도의 과도상승을 초래하지 않도록, 촉매를 엔진본체로부터 어느정도 떨어진 위치에 설치해 두는 것이 필요해지지만, 이와 같이 한 경우, 엔진시동후에 있어서 촉매가 워밍업할때까지 시간이 증대하기 쉬워지기 때문에, 그 동안의 에미션개선 및 촉매워밍업의 촉진이 보다 중요한 과제가 된다.

본 발명은 상기의 사정을 감안하여, 촉매냉기시 등에 에미션으로부터의 HC, NO_x등의 배출량을 저감하고, 또한 촉매의 워밍업촉진에도 유리하며, 대폭으로 에미션을 개선할 수 있는 통내분사식 엔진을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

청구항1에 관한 발명은 연료를 직접 연소실 내로 분사하는 인젝터를 구비한 통내분사식 엔진에 있어서, 배기통로에 설치된 배기가스정화용 촉매의 온도상태를 판별하는 온도상태 판별수단과, 이 온도상태 판별수단에 의한 판별에 의거하여, 상기 촉매가 활성화온도보다 낮은 냉기상태에 있을 때, 상기 인젝터로부터 압축행정에서 연료를 분사함으로써 연소실 내의 점화 플러그 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에, 이와는 다른 연료공급에 의해 상기 점화 플러그 부근의 구역의 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성하는 연료공급제어수단을 구비하고, 엔진의 시동 완료의 판별 및 상기 온도 판별 수단에 의한 판별에 기초하여 엔진 시동 완료시보다 후에 있어서 상기 촉매가 활성화온도보다 낮은 냉기 상태에 있을 때, 상기 인젝터로부터 압축 행정 후반에 연료를 분사함에 의해 점화 시기 직전의 타이밍에 있어서 연소실 내의 점화 플러그 부근 구역에 이론 공연비 또는 그것보다 더 풍부한 혼합기를 형성하고, 이와는 별도

로 연료 공급에 의해 점화시기 직전의 타이밍에 있어서 상기 점화 플러그 부근의 구역 주위에 이론 공연비보다 희박한 혼합기를 형성하도록 연료공급을 제어하는 동시에, 이러한 연료 공급 제어 상태에 있어서 점화 시기 직전의 연소실 전체로서의 공연비가 거의 이론 공연비로 되고 점화 시기 직전에 점화 플러그 부근에 형성된 혼합기의 공연비가 초기 연소의 연소 속도가 빠르게 되게 하는 공연비가 되고, 또한 주연소 될 때, 잉여 연료 및 기연소 가스를 포함하여 점화 플러그 근방의 풍부 혼합기층으로부터 그 외주의 희박 혼합기층으로의 연소가 확산되어 가는 과정에서 상기 잉여 연료가 희박 혼합기층의 산소를 빼앗기고 희박 혼합기 층의 연소에 있어서 NOx 배출량을 제어함과 동시에 후연소 상태로 되어 HC를 저감시킴으로서 상기 인젝터로부터의 압축 행정 후반의 연료 분사량 및 상기 별도의 연료 공급에 의한 연료량을 제어한다.

이 구성에 의하면, 촉매에 의한 배기가스정화작용이 충분히 얻어지지 않는 촉매냉기상태일 때, 점화 플러그 부근이 비교적 풍부한 혼합기, 그 주위가 비교적 희박한 혼합기로 된 상태에서 연소가 이루어짐으로써, 후에 실시형태 중에서 상세히 설명하는 바와 같이 엔진으로부터의 HC, NOx의 배출량이 저감됨과 동시에, 배기온도가 상승하여 촉매의 워밍업을 빠르게 하는 작용이 얻어진다.

상기 온도상태 판별수단은, 예를 들면 엔진냉각수의 온도에 의해 촉매의 온도상태를 추정하는 것이다.

이 구성에 의하면, 배기가스 중의 HC 등이 증대하기 쉬운 엔진 냉기상태일때, 점화 플러그 부근이 비교적 풍부한 혼합기, 그 주위가 비교적 희박한 혼합기로 된 상태에서 연소가 이루어짐으로써, 엔진으로부터의 HC등의 배출량이 저감됨과 동시에, 배기온도의 상승이 촉진된다.

또, 청구항4에 관한 발명은, 연료를 직접 연소실 내로 분사하는 인젝터를 구비한 통내분사식 엔진에 있어서, 상기 인젝터로부터 압축행정에서 연료를 분사함으로써 연소실 내의 점화 플러그 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에, 이와는 별도로 연소실에 연료를 공급하여, 상기 점화 플러그 부근의 구역 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성하고, 또한 연소실 전체의 공연비를 거의 이론공연비로 한 것이다.

이 구성에 의하면, 연소실 전체의 공연비가 거의 이론공연비로 되면서 점화 플러그 부근의 구역이 비교적 풍부한 혼합기, 그 주위가 이론공연비보다 희박한 혼합기로 된 상태에서 연소가 이루어짐으로써, 엔진으로부터의 HC등의 배출량이 저감된다. 그리고, 예를 들면 촉매가 워밍업하고 있는 경우라도 촉매의 정화율은 일정하지만 엔진으로부터의 HC, NOx의 배출량이 저감됨으로써 정화후의 HC, NOx가 더욱 저감되게 된다.

연소실 내의 점화 플러그 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에 그 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성하는 상태로 하는 연료공급의 제어는, 엔진의 시동완료시보다 후에 행하는 것(청구항5)이 바람직하다.

또, 청구항6에 관한 발명은, 청구항4항에 기재한 통내분사식 엔진에 있어서, 제어수단은 연소실 내의 점화 플러그 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에 그 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성하는 상태로 하는 연료공급의 제어로써, 연료를 직접 연소실 내에 분사하는 인젝터로부터 흡기행정과 압축행정에 각각 연료를 분사하는 분할분사를 행하게 하도록 되어 있다.

이 구성에 의하면, 연료를 직접 연소실에 분사하는 1개의 인젝터를 이용한 상기 분할분사에 의해, 흡기행정에서 분사된 연료가 점화 플러그 부근의 구역의 주위에 비교적 희박한 혼합기를 형성함과 동시에, 압축행정에서 분사된 연료가 점화 플러그 부근의 희박한 혼합기를 형성한다.

본 발명에 있어서, 분할분사시의 흡기행정에서의 분사량이 압축행정에서의 분사량 이상이 되도록 분사비율이 설정되어 있는 것(청구항7)으로 하면, 점화 플러그 부근의 작은 구역에 비교적 희박한 혼합기가 형성되어, 여기서 초기연소가 이루어짐과 동시에, 그 주위의 연소실의 대부분에 비교적 희박한 혼합기가 형성되고, 여기서 주 연소가 이루어진다.

분할분사시의 흡기행정에서의 분사량의 비율은 엔진 부하의 증대에 수반하여 증대하도록 설정되어 있는 것(청구항8)이 바람직하다.

상기와 같은 발명에 있어서, 연소실 구조로서는 예를 들면 연소실을 형성하는 실린더내의 피스톤의 정부에 凹상의 캐비티를 설치하고, 인젝터로부터의 압축행정분사에 의한 분사연료가 상기 캐비티로 반사되어 점화 플러그 부근에 이르도록 구성하면 된다(청구항9). 또, 연소실 중앙부에 점화 플러그를 설치함과 동시에, 연소실 주연부에 인젝터를 설치하도록 하면 된다(청구항10). 이와 같이 하면, 압축행정에서 분사된 연료가 점화 플러그 부근에 편재하는 상태가 양호하게 얻어진다.

또, 상기와 같이 촉매냉기상태일 때에 분할분사를 행하는 것에 있어서, 그 분할분사에 덧붙여 점화시기 제어수단에 의해 점화시기를 기본점화시기보다 지연시키도록 해도 된다(청구항11). 이와 같이 하면, 주로 상기 분할분사에 의해 HC, NOx의 저감 및 배기온도 상승의 작용이 얻어지지만, 보조적으로 점화시기 지연(ritard)에 의해 이들 작용이 높아진다.

특히, 배기가스 정화용 촉매가 활성온도보다 낮은 냉기상태에서의 엔진의 극저부하시에는 점화시기를 지연함과 동시에, 공기 및 연료를 운전상태에 따른 양보다 증량하면서 분할분사를 행하는 것(청구항12)이 바람직하다.

이와 같이 하면, 극저부하시에 분할분사에 의해 펄스폭이 제어가 곤란한 정도로까지 작아지는 것이 연료증량에 의해 피할 수 있고, 또한 점화시기 지연에 의한 토크 다운과 공기 및 연료의 증량에 의한 토크 업이 상쇄되며, 또한 분할분사와 점화시기 지연에 의해 HC, NOx의 저감 및 배기온도상승의 작용이 높아진다.

이 경우, 엔진부하가 극저부하부터 소정 부하 이상으로 변화했을 때에 점화시기의 지연과 공기 및 연료의 증량을 정지하는 것(청구항13)이 바람직하다. 또, 주행상태로 되었을 때 점화시기의 지연을 감소시키는 것(청구항14)이 바람직하다.

이와 같이 하면, 불필요한 점화시기의 지연에 의한 연비의 악화나 주행성의 악화를 피할 수 있다. 또한, 점화시기의 지연을 감소시킨다는 것은 지연을 정지시키는 경우도 포함한다.

또, 촉매 배치의 바람직한 예로서는, 촉매를 배기매니폴드에 접속되어 있는 배기관의 도중에 배치하는 것으로 하고(청구항 15), 이 경우에 고속고부하시에는 공연비를 출력 최대가 되는 출력공연비 혹은 이보다 희박한 측으로 설정함(청구항16)으로써, 고속연비를 저감하도록 해두면 된다.

즉, 촉매를 엔진본체로부터 어느 정도 멀리하여 배치함으로써, 고속고부하시에 공연비를 오버리치(over rich)상태로 함으로써 배기온도를 인하하는 수법을 취하지 않아도, 촉매의 온도가 과도하게 상승하는 일은 없다. 그리고, 이와 같은 촉매배치로 하면, 냉기상태로부터의 촉매워밍업의 면에서는 불리해지지만, 상기와 같은 분할분사 등에 의해 이것이 보충되고, 충분히 워밍업이 촉진된다.

또, 상기와 같이 촉매냉기시에 분할분사를 행하는 것에 있어서, 촉매가 워밍업한 후에 상기 인젝터로부터의 연료분사를 흡기행정분사만으로 하도록 연료공급 제어수단을 구성하면(청구항17), 후에 실시형태 중에서 상세히 설명하는 바와 같이, 촉매워밍업 후에 분할분사를 계속하는 경우와 비교해 연비적으로 유리해지며, 또한 촉매에 의해 정화작용이 얻어진다.

또한, 엔진워밍업 후에 상기 인젝터로부터의 연료분사를 압축행정 분사만으로 하도록 연료공급제어수단을 구성하면, 연비가 가일층 개선된다.

또, 촉매냉기시에 분할분사를 행하는 것에 있어서, 촉매가 워밍업한 후에 상기 인젝터로부터의 연료분사를 압축행정분사만으로 하도록 연료공급 제어수단을 구성해도, 연비적으로 유리해진다.

본 발명의 실시형태를 도면에 의거하여 설명한다.

도 1은 통내분사식 엔진의 연소실 부분의 구조의 일례를 도시한다. 이 도면에 있어서, 1은 엔진 본체로서, 실린더블록(2) 및 실린더헤드(3) 등으로 이루어지고, 복수의 실린더를 구비하고 있으며, 그 각 실린더에는 피스톤(4)이 끼워져 삽입되고, 이 피스톤(4)의 정면(頂面)과 실린더헤드(3)의 하면 사이에 연소실(5)이 형성된다. 이 연소실(5)에 대해 흡기포트(6) 및 배기포트(7)와, 이들 포트(6, 7)를 개폐하는 흡기밸브(8) 및 배기밸브(9)와, 점화 플러그(10)가 설치됨과 동시에, 연소실(5) 내로 직접 연료를 분사하는 인젝터(11)가 설치되어 있다.

이들 구조를 구체적으로 설명한다. 상기 실린더헤드(3)의 하면측에는 연소실(5)을 구성하는 소정 형상의 뿔부가 설치되고, 예를 들면 도시한 바와 같은 단면이 거의 대형인 뿔부에 의해 연소실(5)이 구성된다. 이 연소실(5)의 상단면부에 흡기포트(6)가 개구함과 동시에, 경사면부에 배기포트(7)가 개구하고 있다. 이 흡기포트(6) 및 배기포트(7)는 도면상으로는 1개씩 나타나 있지만, 바람직하게는 2개씩, 지면과 직교하는 방향으로 나열되어 설치되어 있다. 그리고, 각 흡기포트(6) 및 배기포트(7)에 흡기밸브(8) 및 배기밸브(9)가 각각 설치되어 있고, 이들 흡기밸브(8) 및 배기밸브(9)는 도면 외의 동작밸브장치에 의해 구동되어 소정 타이밍으로 개폐하도록 되어 있다.

상기 점화 플러그(10)는 연소실(5)의 거의 중앙부에 위치하고, 점화갭이 연소실(5)내에 임하는 상태로 실린더헤드(3)에 장착되어 있다.

또, 상기 인젝터(11)는 연소실(5)의 주연부에 설치되어 있다. 도1에 도시한 실시형태에서는 연소실(5)의 흡기포트(6)측의 측방부에 있어서 실린더헤드(3)에 인젝터(11)가 장착되고, 흡기포트(6)가 개구하는 연소실 상단면 부분과 실린더블록(2)에 대한 맞춤면과의 사이의 벽면(12)에 인젝터(11)의 선단이 임하고, 또한 비스듬하게 아래쪽을 향하여 연료를 분사하도록 되어 있다.

또한, 도시한 실시형태에서는 연소실(5)의 하면측을 구성하는 피스톤(4)의 정부에 凹상의 캐비티(13)가 형성되어 있다. 그리고, 피스톤(4)이 상사점에 가까운 위치가 되는 압축행정 후반에 연료가 상기 인젝터(11)로부터 캐비티(13)를 향하여 분사되고, 또한 캐비티(13)에서 반사되어 점화 플러그(10) 부근에 이르도록, 인젝터(11)의 위치 및 방향과 캐비티(13)의 위치와 점화 플러그(10)의 위치와의 관계가 미리 설정되어 있다.

도2는 흡·배기계를 포함한 엔진전체를 개략적으로 도시하고 있고, 이 도면에 있어서 엔진 본체(1)에는 흡기통로(15) 및 배기통로(16)가 접속되어 있다. 상기 흡기통로(15)의 하류측은 흡기매니폴드에 있어서 기통별로 분기하고, 또한 그 기통별 통로(15a)에는 병렬로 2개의 통로(도면에서는 하나의 통로만 도시한다)가 형성되어, 그 하류단의 2개의 흡기포트(7)가 도1에 도시한 연소실(5)에 개구함과 동시에, 한쪽 통로에 흡기유동 제어밸브(17)가 설치되어 있다. 그리고, 흡기유동 제어밸브(17)가 닫혀졌을 때에 다른 쪽 통로로부터 연소실(5)에 도입되는 흡기에 의해 스월이 생성되도록 되어 있다.

또, 흡기통로(15)의 도중에는 슬로틀밸브(18)가 설치되고, 흡입공기량의 제어가 가능하도록 스텝모터 등의 전기적인 액추에이터(19)에 의해 상기 슬로틀밸브(18)가 작동되도록 되어 있다.

한편, 배기통로(16)에는 배기중의 공연비 검출을 위한 O_2 센서(21)가 설치됨과 동시에, 배기정화용 촉매를 구비한 촉매장치(22)가 설치되어 있다. 이 촉매장치(22)는 3원촉매에 의해 구성해도 되지만, 후술하는 바와 같이 워밍업 후에 공연비를 린으로 하여 성층연소를 행하는 경우의 정화성능을 높이기 위해, 이론공연비보다 희박한 공연비에서도 NO_x 를 정화하는 기능을 가지는 촉매를 이용하는 것이 바람직하다. 즉, 일반적으로 알려져 있는 바와 같이 3원촉매에 의하면 HC, CO, NO_x 의 모두에 대해 높은 정화성능을 가지는 것이 이론공연비 부근에 한정되지만, 최근, 3원촉매의 기능에 부가하여 이론공연비보다 희박한 공연비에서도 NO_x 를 정화하는 기능을 가지는 촉매가 개발되어 있으므로, 이것을 이용하여 린 운전시의 NO_x 를 저감하는 것이 바람직하다.

상기 배기통로(16)에 있어서의 촉매장치(22)의 위치로서는 배기매니폴드(16a)의 직하류(배기매니폴드에 직결)로 하면 고속고부하시에 촉매온도가 가동으로 상승하기 쉬워지는 점에서, 이 위치보다 엔진으로부터 멀어지도록, 배기매니폴드(16a)에 접속되어 있는 배기관(16b)의 도중에 촉매장치(22)가 개설되어 있다.

배기통로(16)와 흡기통로(15)와의 사이에는 배기가스의 일부를 흡기계에 환류하는 EGR통로(23)가 접속되고, EGR통로(23)에는 EGR밸브(24)가 개설되어 있다.

30은 엔진의 제어를 행하는 ECU(컨트롤유닛)이고, 이 ECU(30)에는 엔진의 크랭크각을 검출하는 크랭크각 센서(23), 액셀 개도(액셀페달 밟는 양)를 검출하는 액셀 센서(24), 흡입공기량을 검출하는 에어플로우 미터(25), 엔진냉각수의 수온을 검출하는 수온 센서(26) 및 상기 O_2 센서(21) 등으로부터의 신호가 입력된다.

상기 ECU(30)는 온도상태 판별수단(31), 연료공급 제어수단(32) 및 점화시기 제어수단(33)을 포함하고 있다.

상기 온도상태 판별수단(31)은 상기 수온 센서(26)로부터의 수온검출신호에 의해 촉매의 온도상태를 추정하여, 촉매가 활성온도보다 낮은 냉기상태에 있는지의 여부를 판정하는 것으로, 수온이 제1설정온도 미만이면 촉매냉기상태, 제1설정온도 이상이면 촉매 워밍업상태로 판정한다. 또한 온도상태 판별수단은 엔진의 온도상태도 추정하고, 수온이 제2설정온도 미만이면 엔진냉기상태, 제2설정온도 이상이면 엔진 워밍업상태로 판정한다. 통상, 상기 제2설정온도는 제1설정온도보다 높은 값이 된다. 또한, 촉매 워밍업상태를 판정하기 위한 온도상태 판별은 수온검출과 엔진시동으로부터의 경과시간의 판정을 병용하여 행하도록 해도 좋고, 또 촉매온도를 직접 검출하도록 해도 좋다.

상기 연료공급 제어수단(32)은 인젝터구동회로(34)를 통하여 인젝터(11)로부터의 연료분사의 시기 및 분사량을 제어하는 것으로, 촉매냉기상태일 때에는 연소실(5) 전체의 공연비는 거의 이론공연비로 하면서, 흡기행정의 전반과 압축행정의 후반에 각각 연료를 분사하는 분할분사에 의해, 연소실(5) 내의 점화 플러그(10) 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에, 점화 플러그 부근(10)의 구역의 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성하도록 제어한다.

상기 점화시기 제어수단(33)은 점화장치(35)에 제어신호를 출력하여, 점화시기를 엔진의 운전상태에 따라 제어하는 것이고, 기본적으로는 점화시기를 MBT로 제어하지만, 후에 설명하는 바와 같이 필요에 따라 촉매냉기상태에서의 엔진의 극저부하시에는 점화시기를 지연한다.

또한, 상기 ECU(30)는 슬로틀밸브(18)를 구동하는 액츄에이터(19)에 제어신호를 출력함으로써 흡입공기량의 제어도 행하도록 되어 있고, 엔진위밍업 후에 압축행정만의 연료분사에 의해 성층연소가 이루어지는 경우 등에, 공연비를 린으로 해야하며 흡입공기량을 조정한다. 또, 후에 설명하는 바와 같이 촉매냉기상태에서의 엔진의 극저부하시에 있어서 점화시기가 지연될 때에는 흡입공기량 및 연료분사량의 증량을 행한다. 또한 ECU(30)는 분할분사시 등에 연소실(5)내에 스월을 발생시켜야 하며, 상기 흡기유동 제어밸브(17)를 제어함과 동시에, 공연비를 린으로 하는 성층연소시 등에 EGR을 행해야 하며 EGR밸브(24)를 제어한다.

도3은 연료계의 구성의 일례를 도시하고 있다. 이 도면에 있어서, 인젝터(11)와 연료탱크(36)와의 사이에 연료공급통로(37) 및 연료리턴통로(38)가 접속되고, 상기 연료공급통로(37)에는 연료탱크(36)측으로부터 순서대로 저압연료펌프(39), 필터(40) 및 엔진구동의 고압연료펌프(41)가 설치되고, 한편 연료리턴통로(38)에는 고압레귤레이터(42)와, 그 하류에 위치하는 저압레귤레이터(43)가 설치되어 있다. 또한 고압연료펌프(41)를 바이패스하는 통로가 설치되고, 이 통로(44)에 체크밸브(45)가 설치됨과 동시에, 고압레귤레이터(42)를 바이패스하는 통로(46)가 설치되며, 이 통로(46)에 솔레노이드밸브(47)가 설치되어 있다.

그리고, 통상은 상기 솔레노이드밸브(47)가 닫힌 상태에서 고압연료펌프(41)가 작동되고, 또한 고압레귤레이터(42)가 기능함으로써, 인젝터(11)에 작용하는 연압이 압축행정 후반의 분사가 가능한 정도의 고압으로 조정된다. 또, 상기 고압연료펌프(41)가 충분히 작동되지 않는 엔진시동시에는 저압연료펌프(39)가 구동됨과 동시에, 상기 솔레노이드밸브(47)가 열려서 고압레귤레이터(42)가 바이패스됨으로써 저압레귤레이터(43)가 기능하기 때문에, 인젝터(11)에 작용하는 연압이 흡기행정분사가 가능한 정도의 저압으로 조정되도록 되어 있다.

도4는 상기 인젝터(11)로부터의 연료분사가 분할분사로 될 때의 분사타이밍을 도시하고 있다. 이 도면과 같이 분할분사는 흡기행정분사와 압축행정분사로 이루어진다. 압축행정분사는 압축행정 후반에 연료분사를 행하는 것으로, 도1에 도시한 바와 같은 연소실 구조에 의한 경우, 피스톤(4)이 상사점에 근접하여 인젝터(11)로부터의 분사연료가 피스톤 정부(頂部)의 캐비티(13)내를 향하는 타이밍으로 되고, 구체적으로는 BTDC 50° 내지 60° CA정도(압축 상사점 전의 크랭크각 50° 내지 60° 정도)의 시기에 연료분사가 개시된다.

한편, 흡기행정분사는 흡기행정 전반에 연료분사를 행하는 것으로, 바람직하게는 압축행정 분사와 비교하면 피스톤의 위치가 상사점으로부터 멀어졌을 때에 분사를 행함으로써 분사연료가 상기 캐비티(13)로부터 뿜어내도록 한다. 후술하는 바와 같이 실린더 벽면의 연료부착의 억제를 고려하면, ATDC 70° CA정도가 바람직하고, ATDC 70° ± 20° CA의 범위가 유효하다.

이 통내분사식 엔진의 제어패턴의 일례를 도5의 타임차트를 참조하면서 설명한다.

도5에 있어서, t_0 은 엔진의 시동개시시점, t_1 은 시동완료시점이고, 그 동안의 엔진시동시기중(t_0 내지 t_1)에는 인젝터(11)로부터의 연료분사가 흡기행정분사만으로 된다. 이와 같이 하고 있는 것은, 엔진시동시에 압축행정분사를 행하면 기화, 미스트화가 나빠져 점화 플러그로의 연료의 뒤집어 씌움에 의한 실화(失火)를 초래하기 쉬운 점에서, 기화, 미스트화의 시간을 벌어야 하며 흡기행정분사를 행하는 것이 바람직하고 또, 상기과 같이 도3에 도시한 연료계에서는 시동시에 고압펌프가 충분히 작동하지 않기 때문에 연압이 흡기행정분사가 가능한 정도의 저압으로 되기 때문이다.

엔진의 시동완료시점(t_1)이후에, 또한 촉매 및 엔진이 냉기상태에 있을 때에는 분할분사가 이루어지고, 즉 인젝터(11)로부터의 연료분사가 흡기행정과 압축행정으로 행해진다. 이 분할분사시에 연소실 전체상의 공연비는 거의 이론공연비($\lambda \approx 1$)가 되도록 총연료분사량이 제어되면서, 그 중의 소정 비율의 연료가 흡기행정 전반에 분사되고, 남은 연료가 압축행정 후반에 분사된다.

이 경우, 점화 플러그(10) 부근에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 혼합기가 불씨로서 유효한 정도로 존재하고, 점화 플러그(10) 부근을 제외하는 연소실(5)의 대부분에 희박한 혼합기가 분포하도록, 흡기행정에서의 분사량을 압축행정에서의 분

사랑보다 많이 함과 동시에, 엔진부하가 높아짐에 따라 압축행정분사에 대한 흡기행정분사의 비율을 많이 하는 것이 바람직하다. 즉, 도6과 같이 엔진부하가 높아짐에 따라 총연료분사량이 증가하지만, 압축행정에서의 분사량은 일정 혹은 다소 증가하는 정도로 하는 한편, 흡기행정에서의 분사량은 크게 증대하도록 되어 있다.

또, 촉매냉기시에 있어서의 인젝터(11)의 총연료분사량의 제어는 O_2 센서(21)가 활성화할 때까지는 오픈제어, O_2 센서활성 후에는 피드백제어로 된다. 그리고, 상기 오픈제어시에 연소실 전체의 공연비가 거의 이론공연비가 되도록, 흡입공기량에 따라 연료분사량이 연산된다. 단, 이 오픈제어시의 공연비(A/F)는 13 내지 17의 범위에서 요구에 따라 다소 희박 혹은 풍부하게 해도 좋다. 예를 들면 HC의 저감 등의 효과를 확실히 발휘시키기 위해서는 다소 희박으로 설정하는 것이 고려되고, 혹은 또 냉간시의 연소 안정성을 높이기 위해 다소 풍부로 설정하는 것도 고려된다. 또한, O_2 센서(21)의 활성 판정은 O_2 센서출력의 반전을 조사함으로써 행한다.

혹은 엔진시동으로부터 소정시간이 경과했을 때에 O_2 센서(21)가 활성화하였다고 판정한다.

촉매냉기시에 있어서의 점화시기의 제어로서는 동 도면에 실선으로 도시한 바와 같이 MBT 등의 기본점화시기로 유지하도록 해도 좋지만, 동 도면에 파선으로 도시한 바와 같이 시동완료후의 어느 정도의 기간에 조금만 지연시켜도 된다. 특히, 엔진의 아이들시 등의 극저부하시에 연료분사량이 적기 때문에 분할분사를 행하면 펄스폭과 연료분사량과의 관계가 선형특성을 유지할 수 없게 될 정도로까지 펄스폭이 작아지는(도4 중의 2점쇄선) 경우에는, 점화시기의 지연을 행함과 동시에, 공기량 및 연료분사량의 증량보정을 행하는 것이 바람직하다.

이 경우, 점화시기의 지연에 의한 연비의 악화나 주행성의 악화를 극력히 피하기 위해, 엔진부하가 극저부하로부터 소정 부하(분할분사를 행해도 펄스폭과 연료분사량의 관계가 선형특성을 유지할 수 있는 정도의 부하) 이상으로 변화했을 때에 점화시기의 지연과 공기 및 연료의 증량을 정지하는 것으로 하고, 또 주행상태가 되었을 때 점화시기의 지연을 정지하고, 또는 작게 한다.

촉매워밍업상태로 된 시점 이후에 엔진이 냉기상태에 있을 때에는 흡기행정 분사만 행하는 상태로 전환된다. 또한, 엔진워밍업상태로 된 시점 이후에는 압축행정분사만에 의한 성충연소상태로 전환된다. 이 경우, 슬로틀밸브(18)가 열려 흡입공기량이 많이 됨으로써 공연비가 희박으로 된다. 또한, 상기 분할분사로부터 흡기행정분사로의 전환은 촉매워밍업상태로 된 시점으로부터 어느 정도의 타임지연을 가지고 행하도록 해도 좋고, 또 흡기행정분사로부터 압축행정분사로의 전환도 어느 정도의 타임지연을 가지고 행하도록 해도 좋다.

당 실시형태의 통내분사식 엔진에 의하면, 엔진시동 후에 있어서 촉매가 냉기상태에 있을 때에는 연소실 전체상으로는 거의 이론공연비가 되도록 연료분사량이 억제되면서, 흡기행정 전반과 압축행정 후반에 연료를 분사하는 분할분사가 이루어진다. 그리고, 흡기행정분사에 의해 분사연료가 확산하여 상기 점화 플러그(10) 부근의 구역의 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기가 형성됨과 동시에, 압축행정 후반의 연료분사에 의해 점화 플러그(10) 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기가 형성된다.

이와 같은 연료공급상태로 됨으로써, 엔진본체(1)로부터 배기통로(16)로 배출되는 HC, CO 및 NO_x 의 양이 저감됨과 동시에, 촉매의 워밍업이 촉진된다. 이들 작용을 도7을 참조하면서 구체적으로 설명한다.

도7(a) 및 (b)는 흡기포트에 인젝터를 구비한 엔진에 의한 경우와, 연료를 직접 연소실 내에 분사하는 인젝터를 구비한 통내분사식 엔진(직분엔진)에 있어서 흡기행정분사만을 행한 경우와, 통내분사식 엔진(직분엔진)에 있어서 흡기행정분사와 압축행정분사의 분할분사를 행한 경우에 대해 각각, 엔진 본체로부터의 HC배출량 및 NO_x 배출량의 측정결과를 도시하고 있다. 또, 동 도면(c) 및 (d)는 통내분사식 엔진(직분엔진)에 있어서 흡기행정분사만을 행한 경우와 분할분사를 행한 경우에 대해 배기가스온도 및 연비율의 측정결과를 도시하고 있다.

이들 측정결과는 엔진회전수가 1500rpm, 평균유효압력이 $Pe=3kg/cm^2$, 공연비가 $\lambda=1$ (이론공연비)이라는 조건하에서 행한 측정에 의한 것이다.

또한, 공연비를 $\lambda=1$ 로 하고 있는 것은 풍부(rich)이면 HC배출량이 증가하고, 희박(lean)이면 냉기시에 있어서의 연소 안정성이나 워밍업촉진 등의 면에서 불리해지고, 또 촉매가 완전 워밍업에 이르기전이라도 어느 정도 촉매기능을 발휘하기 시작하는 상태가 된 후에는 촉매에 의한 정화성능을 가능한 높이기 위해 $\lambda=1$ 로 하는 편이 유리하기 때문이다 즉, 본 실시형태에 있어서 분할분사가 이루어지고 있는 촉매냉기상태일 때(촉매의 완전 워밍업 전)라도, 어느 정도 온도가 높아지면

촉매가 차례로 기능하기 시작하고, 이 때에 3원촉매가 이용되고 있으면 이론공연비가 HC, CO 및 NOx가 정화되고, 또 최근 개발되고 있는 희박상태에서도 NOx를 어느 정도 정화할 수 있는 촉매라도, 이론공연비에 있는 쪽이 NOx정화율이 높아진다.

도7(a) 및 (b)에 도시한 바와 같이, 통내분사식 엔진에서 분할분사를 행한 경우에는 포트분사엔진에 의한 경우 및 통내분사식 엔진에서 흡기행정 분사를 행한 경우의 어느 한쪽과 비교해도, HC의 배출량과 NOx의 배출량이 모두 대폭으로 저감되고, 구체적으로는 HC의 배출량이 45%정도 감소하고, NOx의 배출량이 50% 이상 감소하였다 또한, 동 도면(c)에 도시한 바와 같이, 통내분사식 엔진의 분할분사에 의하면, 흡기행정분사와 비교하여 배기온도가 대폭(65 내지 70℃ 정도)으로 상승하였다.

또, 동 도면(d)에 도시한 바와 같이, 통내분사식엔진의 분할분사에 의하면, 흡기행정분사와 비교하여 연비는 다소(4 내지 5%) 악화된다. 즉, 상기와 같은 배기온도 상승을 위해 연소에너지가 소비되기 때문에, 다소의 연비악화는 어쩔 수 없다. 무엇보다 후에 설명하는 바와 같이, 분할분사에 의하지 않고 점화시기를 크게 지연시킴으로써 배기온도상승 등의 효과가 같은 정도로 얻어지도록 한 경우와 비교하면, 연비악화의 사정은 매우 작아진다.

상기 분할분사에 의해 HC, NOx저감효과 및 배기온도 상승촉진효과가 얻어지는 이유로서 추정되는 바를 설명한다. 분할분사에 의해 점화 플러그(10) 부근의 구역에 $\lambda < 1$ 의 비교적 풍부한 혼합기, 그 주위에 $\lambda > 1$ 의 희박한 혼합기가 존재하고 있는 상태에서의 착화 후의 연소의 진행방법을 고찰하면, 다음의 ① 내지 ③과 같이 된다.

①초기연소상태

점화 플러그(10) 부근에는 $\lambda < 1$ 의 혼합기가 존재함으로써, 착화안정성이 확보됨과 동시에, 초기연소의 연소속도가 빨라진다. 즉, 일반적으로 알려져 있는 바와 같이 A/F=13~14.7정도에서 연소속도가 빨라진다. 그리고, 이와 같이 비교적 풍부상태에서는 연소속도가 빨라지지만, 잉여 O₂가 존재하지 않는 점에서 NOx의 발생은 억제된다. 또, 이 단계에서는 점화 플러그 주변에 잉여연료가 존재한다.

②주연소상태

점화 플러그(10) 부근의 혼합기로부터 그 주위로 연소가 넓어지고, 연소실의 대부분을 점유하는 $\lambda > 1$ 의 희박한 혼합기가 연소하는 주 연소상태로 이행한다. 이 경우, 희박 혼합기이기 때문에 완만(緩慢)연소가 되고, 또한 점화시기를 선행시키지 않아도 되는 점에서, NOx가 저감된다. 즉, 일반적으로 희박공연비가 착화, 연소가 이루어질 경우에는 연소속도가 늦어지는 것에 대응하여 점화시기의 MBT는 진각측으로 이행하지만, 당 실시형태에 의한 경우에는 상기 초기연소상태에서의 연소속도가 빠르기 때문에 선행시키지 않아도 되고, 이것은 희박공연비가 점화시기를 지연한 것과 같아진다. 이로써 NOx가 저감됨과 동시에, 배기온도 상승 및 HC저감의 효과도 얻어진다.

또, 압축행정분사에 의한 분무는 주 연소시에 있어서도 운동량이 잔존하고 있고, 이로써 잉여연료 및 기연(既燃)가스를 포함하는 풍부 혼합기층으로부터 그 외주의 희박 혼합기층으로 연소가 확대되어 가는 과정에서, 잉여연료가 희박 공연 비중의 산소를 빼앗으면서 연소해가므로, 연소실 내의 산소농도가 저하하고, 이로써 NOx의 발생이 억제된다. 즉, 일반적으로 적당한 잉여산소가 존재하는 A/F=16~17 정도의 희박 공연비에서의 연소시에 NOx배출량이 많아지는 경향이 있지만, 상기와 같이 연소과정에서 잉여연료에 의해 산소를 빼앗겨 산소농도가 저하하는 점에서, 희박 혼합기층의 연소에 있어서도 NOx가 증대하는 일은 없다.

또한 상기 기연가스가 내부 EGR효과를 초래하고, 이것에 의해서도 NOx를 저감하는 작용이 얻어진다.

이와 같이 하여, 주 연소상태에서 NOx 및 HC를 저감함과 동시에 배기온도를 상승시키는 기능이 얻어진다.

③후연소상태

상기와 같이 점화 플러그 부근에 발생한 잉여연료는 차례로 희박 혼합기층의 산소를 빼앗아 연소하고, 그 연소가 최후까지 계속하여 소위 후 연소 상태가 됨으로써, HC를 저감시킴과 동시에, 배기온도를 상승시키는 기능이 얻어진다.

본 실시형태에 의해 일반적으로는 상반되는 관계에 있는 NOx저감과 HC 저감 및 배출온도 상승을 양립시킬 수 있는 것은 이상과 같은 현상에 의하기 때문이다.

그런데, 배기온도의 상승 및 HC, NO_x의 저감을 위해서는 점화시기를 지연하는 것도 고려되지만, 이보다 상기와 같은 분할분사에 의한 쪽이 연비의 악화를 작게 하면서 배기온도상승 및 HC, NO_x저감효과를 높일 수 있다. 덧붙여서, 점화시기 지연에 의한 배기온도상승과 연비, HC, NO_x의 변화와의 관계를 도8(a)(b)(c)에 도시한다. 또한, 도8(b)(c)는 각각 HC 및 NO_x에 대해 배기온도가 약 420℃(약 693℃K일 때의 양에 대해 배기온도가 변했을 때의 양의 비율을 퍼센트로 나타내고 있다.

이들 도면중에 도시한 바와 같이, 배기온도가 약 420℃를 기준으로 하여 점화시기의 지연에 의해 배기온도를 50℃ 상승시키도록 한 경우, 연비는 25% 악화하고, HC는 25% 저감되며, NO_x는 45% 저감된다. 이에 대해 분할분사를 행한 경우에는 상기와 같이, 배기온도의 상승이 65 내지 70℃ 정도로 커지면서, 연비의 악화는 4 내지 5% 정도로 점화시기 지연과 비교해 매우 작고, 또한 HC의 감소는 45% 정도, NO_x의 감소는 50% 정도로 어느 한쪽도 점화시기 지연의 경우보다 향상된다(도7).

따라서, 상기의 도5에 도시한 바와 같이 엔진의 시동완료후에 있어서 촉매냉기 상태일 때에 분할분사를 행하면, 엔진으로부터의 HC(및 CO)와 NO_x의 배출량이 대폭으로 감소함으로써 촉매에 의한 정화작용이 충분히 얻어지지 않는 상황하에서의 에미션이 개선됨과 동시에, 배기온도의 상승이 촉진됨으로써 촉매의 워밍업이 빨라지고, 촉매의 정화작용이 충분히 얻어지지 않는 기간이 짧아진다. 또, 분할분사시에 연소실 전체의 공연비는 거의 이론공연비로 됨으로써, 앞에서도 설명한 바와 같이, 완전워밍업 전에도 어느 정도 온도가 상승하여 촉매가 기능하기 시작하는 상태가 된 후의 정화능력이 높아진다.

이들 작용에 의해 에미션이 대폭으로 개선되고, 또한 연비의 악화는 점화시기 지연에 의한 경우와 비교해서 매우 작아진다. 그리고, 점화시기는 반드시 지연하지 않아도 분할분사에 의해 상기 효과가 얻어지지만, 분할분사에 가하여 도5 중에 파선으로 도시한 바와 같이 점화시기를 지연하면, 이들의 상승작용에 의해, 촉매워밍업촉진 등의 효과가 가일층 높아진다.

특히, 연료분사량이 극히 적은 아이들 시 등의 극저부하시에, 점화시기를 지연함과 동시에, 공기량 및 연료분사량의 증량보정을 행하도록 하면, 촉매워밍업촉진 및 토크제어가 효과적으로 이루어진다. 즉, 일반적으로 인젝터는 펄스폭이 소정 하한치보다 작아지면 펄스폭과 연료분사량과의 관계가 선형특성을 유지할 수 없어서 충분한 연료컨트롤정밀도가 얻어지지 않게 되기 때문에, 연료분사량이 극히 적은 극저부하로 분할분사를 행하면 펄스폭이 상기 하한치보다 작아질 가능성이 있다. 이와 같은 상황하에서 연료분사량을 증량보정하면 분할분사해도 펄스폭을 상기 하한치 이상으로 유지할 수 있고, 연료컨트롤정밀도를 유지할 수 있다. 또한, 점화시기 지연에 의한 토크저하분과 공기량 및 연료분사량의 증량에 의한 토크 상승분이 상쇄되어 요구토크가 유지된다. 그리고, 분할분사에 더하여 점화시기가 지연되는 것 및 연료분사량이 증량됨으로써 배기온도가 상승하고, 촉매워밍업이 촉진된다.

무엇보다 이와 같이 점화시기를 지연시키도록 해도 분할분사를 행하지 않고 점화시기 지연만으로 배기온도 상승 등의 효과를 같은 정도로 가져오게 하려는 경우와 비교하면, 지연량은 충분히 작게 할 수 있기 때문에, 연비의 악화는 억제된다.

상기 분할분사를 행할 경우에, 도1에 도시한 바와 같은 구조에 있어서 흡기행정분사 및 압축행정분사의 각 타이밍이 상기의 도4에 도시한 바와 같이 설정되는 것으로 바람직한 혼합기 분포상태가 얻어진다.

즉, 압축행정분사시에는 연소실(5)의 주연부에 설치된 인젝터(11)로부터의 분사연료가 피스톤(4)의 정부의 캐비티(13)내를 향하도록 분사개시시기가 설정됨으로써, 분사연료가 캐비티(13)에서 반사되어 점화 플러그(10)부근에 이르고, 점화 플러그(10)부근에 비교적 풍부한 혼합기층을 형성한다.

한편, 흡기행정분사시에는 상기 인젝터(11)로부터의 분사연료가 상기 캐비티(13)로부터 벗어나는 분사타이밍으로 됨으로써 분사연료가 확산하고, 점화 플러그(10) 부근의 구역의 주위에 희박한 혼합기층을 형성한다.

여기서, 흡기행정분사타이밍을 여러 가지로 바꾼 경우의 실린더벽으로의 연료부착비율의 변화와 그에 수반되는 HC배출량의 변화에 대한 데이터를 도9에 도시한다. 이 도면에 있어서, 검은 동그라미표는 도1에 도시한 구조에서 흡기행정분사의 분사개시시기가 ATDC 45° CA, ATDC 90° CA, ATDC 135° CA, ATDC 180° CA의 각 경우에 대해 CFD에 의해 구한 실린더벽에의 연료부착비율을 도시하고 있고, 흰동그라미표는 도1에 도시한 구조의 실기를 이용하여 흡기행정분사의 분사개시시기를 여러 가지로 바꾼 경우의 HC배출농도의 측정데이터를 도시하고 있다. 또, 삼각표는 인젝터를 연소실의 중앙에 설치하여 하향으로 연료를 분사하도록 한 구조로 흡기행정분사의 분사개시시기가 ATDC 90° CA, ATDC 135° CA, ATDC 180° CA의 각 경우에 대해 CFD에 의해 구한 실린더벽에의 연료부착비율을 나타내고 있다.

이 도면과 같이, 인젝터를 연소실의 중앙에 설치하여 하향으로 연료를 분사할 경우에는 분사타이밍이 변화해도 상기 연료 부착비율은 그다지 변화하지 않지만, 도1과 같이 인젝터(11)를 연소실(5)의 주연부에 설치한 경우에는 분사타이밍에 의해 상기 연료부착비율이 크게 변화하고, 그에 따라 HC배출량도 변동하는 것으로, ATDC 70° CA정도의 HC배출량이 가장 작아진다. 이와 같은 경향이 발생하는 것은 피스톤(4)이 상사점에 극히 가까운 위치에 있는 상태에서 연료가 분사되면 피스톤 정부에서 반사한 연료가 실린더벽에 많이 부착하고, 피스톤(4)이 상사점으로부터 어느 정도 떨어진 위치에서 하강하고 있는 상태에 있는 ATDC 70° CA정도에서는 분사연료의 피스톤 정부에서의 반사가 적어짐과 동시에 연료가 아래쪽으로 끌려들어감으로써 실린더벽에의 부착이 적어지고, 또 피스톤(4)이 상사점으로부터 크게 떨어진 곳에서 연료가 분사되면 직접 실린더벽까지 이르러 연료부착이 증가하기 때문이라고 추측된다.

그리고, 이와 같은 데이터로부터 흡기행정분사의 개시시기를 ATDC 70° CA정도(ATDC 70° ± 20° CA의 범위)로 하면, HC배출량을 저감하는 효과가 높아진다.

또, 이와 같은 분할분사에 상기 흡기유동 제어밸브(17)를 단음으로써 스월을 생성하면, 연소실 내의 혼합기의 연소성이 향상되고, 특히 흡기행정분사에 의한 희박 혼합기층에서의 연소성이 향상된다.

그런데, 본 실시형태에 의하면, 촉매워밍업 후에 있어서 엔진 워밍업상태가 될 때까지는 공연비가 이론공연비로 유지되면서 흡기행정 분사만 이루어지는 상태로 전환되고, 이로써 도7(d)에서 이해되는 바와 같이 분할분사에 비해 연비가 좋아진다. 그리고, 촉매 워밍업후에는 촉매에 의한 배기정화작용으로 에미션이 양호하게 유지되고, 또 공연비가 희박으로 될 경우보다는 엔진의 워밍업촉진에 유리해진다.

또한, 엔진워밍업후에는 적어도 저부하시에 공연비가 대폭적인 희박 상태(예를 들면, A/F≥30)로 되면서, 압축행정분사만이 이루어진다. 이로써, 점화 플러그(10) 부근에 혼합기가 편재하는 상태로 되어 성층연소가 이루어지고, 연소 안정성이 확보되면서 대폭적인 희박화에 의해 연비가 개선된다. 그리고, 이와 같이 압축행정분사로 성층화가 이루어지면 공연비(A/F)가 30정도의 희박 상태에서도 충분히 연소 안정성이 높아져서, 다량의 EGR을 도입하는 것도 가능하므로, EGR밸브(24)를 열어 EGR통로(23)로부터 EGR을 도입함으로써, NOx를 저감할 수 있다.

이와 같은 작용을 도10을 참조하면서 설명한다. 이 도면은 포트분사엔진의 경우와 통내분사식 엔진(직분엔진)으로 압축행정분사에 의해 성층연소를 행한 경우에 대해, 엔진본체로부터 배기통로로 배출되는 NOx를 실선으로 나타냄과 동시에, 3원촉매를 이용한 경우의 배기가스정화 후의 NOx의 양을 파선으로 나타내고 있다. 이 도면과 같이, 포트분사의 경우, 공연비(A/F)가 16 내지 17로 NOx배출량이 최대가 되어, 그보다 희박이 되면 점차로 NOx배출량이 감소하지만, 공연비(A/F)가 20 내지 25정도로 희박 한계가 된다. 한편, 통내분사식 엔진으로 성층연소를 행하면, 어느 정도 이상의 희박 운전영역에서 연소성이 향상됨으로써 포트분사엔진과 비교해서 NOx배출량은 많아지는 경향이 있지만, 공연비의 희박 한계가 대폭 높아짐과 동시에, 공연비(A/F)가 30 이상의 희박 상태에서도 다량의 EGR을 도입할 수 있는 점에서, NOx배출량을 억제할 수 있다. 그리고, 대폭적인 공연비의 희박화에 의해 포트분사엔진과 비교하여 연비는 좋아진다.

또, 엔진의 고속고부하시에는 균일 연소를 행하게 해야하는 흡기행정분사로됨과 동시에, 공연비가 출력확보를 위해 필요한 정도로 풍부측에 제어된다. 이 경우, 촉매장치가 배기통로 중에서 엔진 본체에 가까운 위치(예를 들면, 배기매니폴드에 직결)로 되어 있으면, 고속 고부하시에 촉매의 과열방지를 위해, 공연비를 출력공연비 이상의 오버리치상태로 하여 과잉연료의 기화체열로 배기온도를 인하하는 것이 필요하게 되어, 연비의 악화를 초래한다. 그래서 본 실시형태에서는 고속연비 개선을 위해 고속고부하시에 공연비를 출력공연비(A/F=13정도) 혹은 이보다 희박으로 하는 한편, 촉매장치(22)를 배기매니폴드(16a)의 하류의 배기관(16b)의 도중에 설치하여 엔진본체(1)로부터 멀어지도록 함으로써 촉매의 과열을 방지한다. 그리고, 이와 같이 촉매장치(22)를 엔진본체(1)로부터 멀어지게 하면 엔진시동 후의 촉매 워밍업에 있어서는 불리해지지만, 상기와 같이 촉매 냉기시에는 분할분사에 의해 워밍업촉진 및 HC, NOx의 저감이 도모된다.

또한 본 발명의 통내분사식 엔진의 제어패턴은 도5에 도시한 것으로 한정되지 않고, 여러 가지로 변경가능하다.

예를 들면, 엔진의 시동이 완료된 후의 촉매 냉기시의 제어로서 엔진시동완료 직후에는 연료의 기화미스트화를 좋게하기 위해 흡기행정분사로 한 상태로 점화시기를 지연하고, 촉매냉기상태에서도 어느 정도 엔진온도가 오른 상태가 된 후에 분할분사를 행하도록 해도 좋다.

또, 상기 실시형태에서는 촉매워밍업 후에 엔진이 냉기상태일 때에는 이론공연비에서의 흡기행정분사를 행하도록 하고 있지만, 촉매워밍업후에도 엔진이 냉기상태에 있을 때에 분할분사를 행하도록 해도 좋다. 이와 같이 하면, 이 상기 실시형태와 비교해서, 촉매워밍업부터 엔진워밍업까지의 기간을 두고 연비는 다소 나빠지지만, 워밍업촉진 및 에미션 개선의 효과

는 높아진다. 즉, 이 기간은 촉매가 이미 활성화하고 있음으로써, 소정 정화율로 HC 및 NO_x가 정화되지만, 같은 정화율이라도 엔진본체로부터의 HC, NO_x의 배출량이 바뀌면 그에 따라 정화후의 HC, NO_x의 양이 변화하므로, 분할분사에 의해 엔진으로부터의 HC, NO_x의 배출량을 저감하면 에미션이 가일층 개선된다.

또, 엔진위밍업후에도 저부하 운전영역 등에서 분할분사를 행하도록 하면, 엔진으로부터의 HC, NO_x의 배출량이 저감됨으로써, 촉매에 의한 정화후의 HC, NO_x의 양이 가일층 저감된다.

또, 상기 실시형태에서는 연소실(5)내의 점화 플러그(10) 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에 그 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성하는 상태로 하는 연료공급의 제어로서, 연료를 직접 연소실 내에 분사하는 인젝터(11)로부터 흡기행정과 압축행정에 각각 연료를 분사하는 분할분사를 행하고 있지만, 상기 인젝터(11)에 더하여 흡기포트에 인젝터를 설치하고, 흡기포트의 인젝터로부터의 연료분사와 상기 인젝터(11)로부터의 압축행정 후반의 연료분사를 행하도록 해도 상기와 같은 혼합기분포상태로 할 수 있다.

또, 상기 실시형태에서는 분할분사시 등에 흡기유동 제어밸브(17)를 제어함으로써 연소실내에 스월을 생성하도록 하였지만, 스월 대신에 텀블을 생성하도록 해도 좋다.

연소실 내의 점화 플러그 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이로써 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에, 상기 점화 플러그 부근의 구역의 주위에 이론공연비보다 희박한 공연비의 혼합기를 형성하는 방법으로서, 「흡기행정분사+ 압축행정분사」 외에,

① 압축행정분사로 성층연소시보다 분사시기를 선행시킨다.

② 압축행정 + 압축행정

③ 흡기행정분사로 균일연소시보다 분사시기를 지연시킨다

는 3가지 방법이 존재한다.

①②에 대해서는 성층상태를 약간 무너뜨려, 주위에 혼합기를 분산시킴으로써, 희박한 공연비의 혼합기를 형성시키는 것을 목적으로 하고 있다.

③에 대해서는 균일상태로부터 약간 성층상태로 시킴으로써, 점화 플러그주위에 이론공연비 혹은 이로써 풍부한 공연비의 혼합기를 형성시키는 것을 목적으로 하고 있다.

발명의 효과

본 발명의 통내분사식 엔진은 배기가스 정화용 촉매가 활성온도보다 낮은 냉기상태에 있을 때, 연료를 직접 연소실로 분사하는 인젝터로 흡기행정과 압축행정의 분할분사를 행하는 등에 의해, 연소실 내의 점화 플러그 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에 그 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성하도록 하기 때문에, 촉매에 의한 정화작용이 충분히 얻어지지 않는 촉매 냉기시에 엔진으로부터의 HC, NO_x의 배출량을 저감하고, 또한 배기온도를 높여 촉매의 위밍업을 촉진할 수 있다. 따라서, 엔진시동 후에 촉매가 위밍업상태로 이행하는 과정에서의 에미션을 대폭 개선할 수 있다.

또, 엔진냉기시에 분할분사 등에 의해 연소실 내의 점화 플러그 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에 그 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성하도록 하면, 엔진냉기시에 증가하기 쉬운 HC 등을 저감할 수 있다.

또, 분할분사 등에 의해 연소실 내의 점화 플러그 부근의 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에 그 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성하고, 또한 연소실 전체상의 공연비를 거의 이론공연비로 하면, HC 및 NO_x의 배출량이 저감되고, 또한 촉매위밍업 후이면 촉매에 의한 정화작용도 유효하게 발휘되고, 에미션이 대폭 개선되게 된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

연소실 내를 향하여 설치된 점화 플러그와, 연료를 직접 연소실 내로 분사하는 인젝터와, 배기통로에 설치되어 배기가스를 정화하는 촉매와, 상기 촉매의 온도상태를 판별하는 온도상태 판별수단과, 상기 온도상태 판별수단에 의한 판별 결과에 의거하여, 상기 촉매가 활성온도보다 낮은 상태에 있을 때, 상기 인젝터로부터의 분사연료에 의해, 연소실 내의 점화 플러그 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에 상기 점화 플러그 부근의 구역의 주위에 이론공연비보다 희박한 공연비의 혼합기를 형성하는 연료공급수단을 구비하고,

엔진의 시동 완료의 판별 및 상기 온도 상태 판별 수단에 의한 판별에 근거하여 엔진 시동 완료시보다 후에 있어서 상기 촉매가 활성 온도보다 낮은 냉기 상태에 있을 때, 상기 인젝터로부터 압축 행정 후반에 연료를 분사함에 의해 점화 시기 직전의 타이밍에 있어서 연소실 내의 점화 플러그 부근 구역에 이론 공연비 또는 그보다 더 풍부한 혼합기를 형성하고, 이와는 별도로 연료 공급에 의해 점화시기 직전의 타이밍에 있어서 상기 점화 플러그 부근의 구역 주위에 이론 공연비보다 희박한 혼합기를 형성하도록 연료공급을 제어하는 동시에,

이러한 연료 공급 제어 상태에 있어서 점화 시기 직전의 연소실 전체로서의 공연비가 대략 이론 공연비로 되고 점화 시기 직전에 점화 플러그 부근에 형성된 혼합기의 공연비가 초기 연소의 연소 속도가 빠르게 되게하는 공연비로 되고, 또한 주 연소시에 잉여 연료 및 기연 가스를 포함하여 점화 플러그 부근의 풍부 혼합기층으로부터 그 외주의 희박 혼합기층으로의 연소가 확산되어 가는 과정에서 상기 잉여 연료가 희박 혼합기층의 산소를 빼앗으면서 연소하여 희박 혼합기층의 연소에 있어서의 NOx 배출량을 억제함과 동시에 후연 상태로 되어 HC를 저감시키도록 상기 인젝터로부터의 압축 행정 후반의 연료 분사량 및 상기 별도의 연료 공급에 의한 연료량을 제어하는 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 2.

제1항에 있어서, 제어수단은 연소실 내의 점화 플러그 부근의 구역에 이론공연비 혹은 이보다 풍부한 공연비의 혼합기를 형성함과 동시에 그 주위에 이론공연비보다 희박한 혼합기를 형성하는 상태로 하는 연료공급의 제어로서, 연료를 직접 연소실 내에 분사하는 인젝터로부터 흡기행정과 압축행정에 각각 연료를 분사하는 분할분사를 행하게 하도록 되어 있는 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 3.

제2항에 있어서, 분할분사시의 흡기행정에서의 분사량이 압축행정에서의 분사량 이상이 되도록 분사비율이 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 4.

제2항에 있어서, 분할분사시의 흡기행정에서의 분사량의 비율이 엔진부하의 증대에 수반하여 증대하도록 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 5.

제2항에 있어서, 배기가스정화용 촉매가 활성온도보다 낮은 냉기상태에 있어서, 상기 분할분사가 이루어지고 있을 때에, 점화시기를 기본점화시기보다 지연시키는 점화시기 제어수단을 구비한 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 6.

제5항에 있어서, 배기가스정화용 촉매가 활성온도보다 낮은 냉기상태에서의 엔진의 극저 부하시에, 점화시기를 지연함과 동시에, 공기 및 연료를 운전상태에 따른 양보다 증량하면서 분할분사를 행하도록 한 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 7.

제6항에 있어서, 엔진부하가 극저 부하로부터 소정 부하 이상으로 변화했을 때에 점화시기의 지연함과 공기 및 연료의 증량을 정지시키도록 한 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 8.

제5항에 있어서, 주행상태가 되었을 때 점화시기의 지연을 감소시키는 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 9.

제2항에 있어서, 배기가스정화용 촉매가 활성온도보다 낮은 냉기상태에 있을 때에 상기 분할분사를 행함과 동시에, 촉매가 워밍업된 후에 상기 인젝터로부터의 연료분사를 흡기행정분사만으로 하도록 연료공급 제어수단을 구성한 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 10.

제9항에 있어서, 엔진워밍업 후에 상기 인젝터로부터의 연료분사를 압축행정 분사만으로 하도록 연료공급 제어수단을 구성한 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 11.

제2항에 있어서, 배기가스정화용 촉매가 활성온도보다 낮은 냉기 상태에 있을 때에 상기 분할분사를 행함과 동시에, 촉매가 워밍업한 후에 상기 인젝터로부터의 연료분사를 압축행정 분사만으로 하도록 연료공급 제어수단을 구성한 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 12.

제2항에 있어서, 압축행정분사를 BTDC 50° 내지 60° 의 범위에서 개시하는 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 13.

제2항에 있어서, 흡기행정분사를 ATDC 70° ± 20° 의 범위에서 개시하는 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 14.

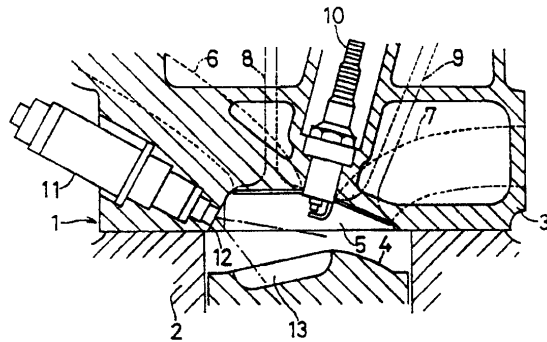
제2항에 있어서, 연소실을 형성하는 실린더내의 피스톤의 정부에 凹상의 캐비티를 설치하고, 인젝터로부터의 압축행정 분사에 의한 분사연료가 상기 캐비티에서 반사되어 점화 플러그 부근에 이르도록 구성한 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진.

청구항 15.

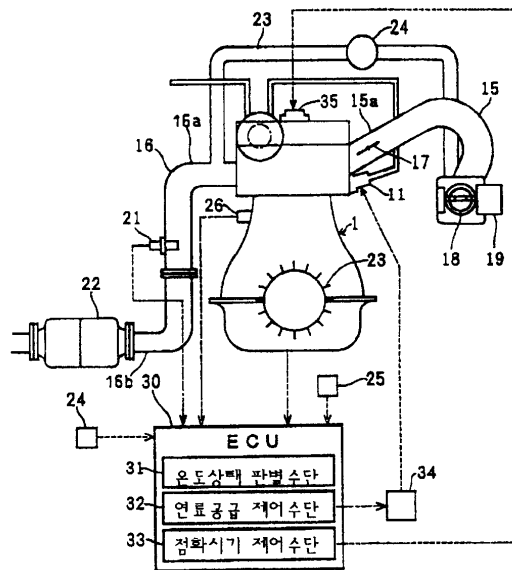
제2항에 있어서, 온도상태 판별수단은 엔진냉각수의 온도에 의해 축매의 온도상태를 추정하고 엔진냉각수 온도가 소정치 미만일 때에 축매가 활성온도보다 낮은 상태에 있다고 추측하는 것을 특징으로 하는 통내분사식 엔진,

도면

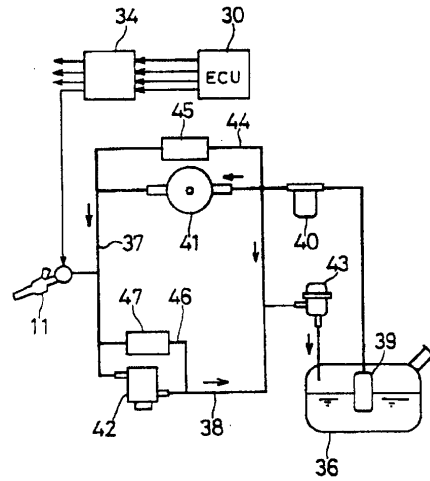
도면1



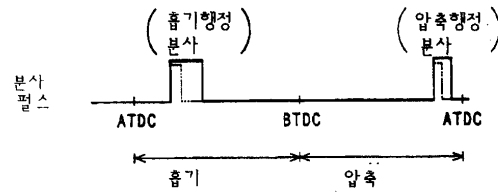
도면2



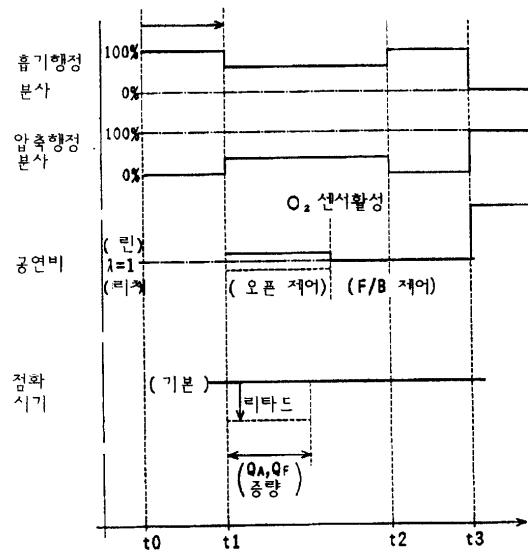
도면3



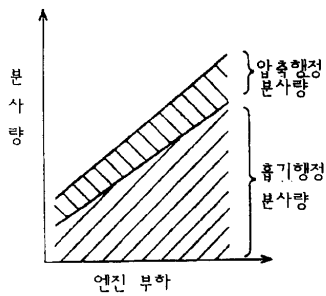
도면4



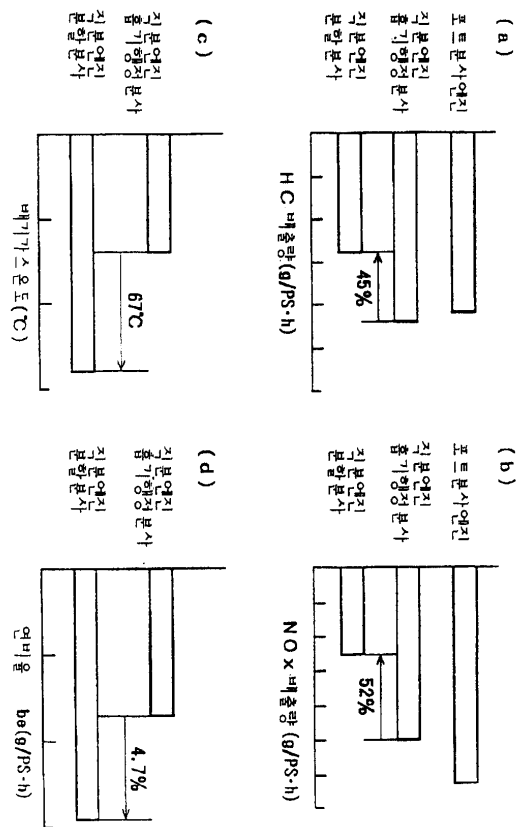
도면5



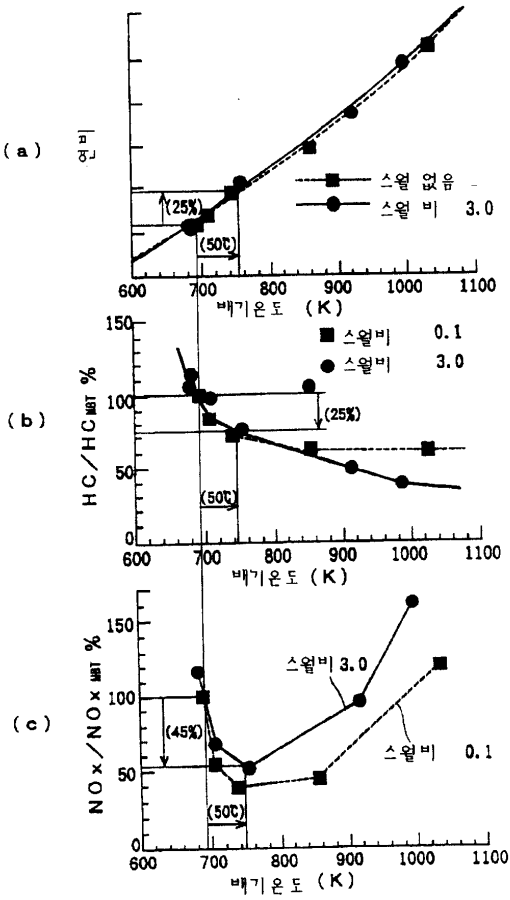
도면6



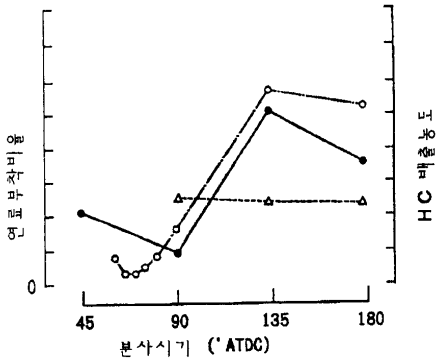
도면7



도면8



도면9



도면10

