

다회수 스파크 점화기관의 방전효과에 관한 연구

A Study on the Effect of Discharge in a Multiple Spark Ignition Engine

이 성 열*, 한 병 호**
S. Y. Lee, B. H. Han

ABSTRACT

The effect of discharge have been investigated for condition of spark in a multiple spark ignition engine, as the spark duration, capacitive and inductive discharge energy were calculated for condition of spark by ignition wave and energy formula.

The useful portion of spark discharge is divided into capacitance portion and inductance portion.

It was found that capacitive discharge energy and spark duration were increased according to increasing number of spark, and inductive discharge energy was increased according to increasing spark interval.

Therefore engine torque was increased and lean misfire limit was extended comparing with the standard isniton system.

It found that spark energy was discharged within ignition delay period availability acted on the formation and growth of flame kernel, and total spark energy was increased according to increasing number of spark times, but discharged spark energy after ignition delay became unavailable energy. And the capacitive discharge energy has the dominant effect for stoichiometric or not very rich air-fuel mixture but inductive discharge energy has the dominant effect for lean air-fuel mixture.

1. 서 론

스파크 점화기관에서 점화능력을 지배하는 요인^{1,2)}은 스파크 에너지와 그 방출패턴 및 스파크 지속시간이며, 스파크 에너지는 용량 방전 에너지와 유도방전 에너지의 합이다.

여기서 용량방전 에너지는 점화과정 전반부

의 화학작용 활성화 과정에 작용하여 화염핵 생성에 효과적으로 작용하며, 유도방전 에너지는 후반부의 열적작용과정에 작용하여 화염핵 성장발달에 효과적으로 작용한다. 따라서 혼합기의 피점화성이 저하된 경우에 점화를

* 정회원, 성균관대학교 공과대학

** 정회원, 영남공업전문대학

성공시키고 또한 점화성을 향상시켜 기관출력을 증가시키기 위해서는 점화지연기간 내에 화염핵 생성 및 성장에 효과적으로 작용할 수 있는 스파크 조건이 요구된다. 이와 같은 요구에 부합할 수 있는 점화장치는 다회수 스파크 점화장치이다.

본 연구는 저자들이 고안 제작한 다회수 스파크 점화장치⁹⁾에서 스파크 회수 및 스파크 간격 변화에 따라 1차 및 2차의 점화파형을 측정하여 점화장치의 점화성을 지배하는 스파크 에너지, 스파크 에너지 방출패턴 및 스파크 지속시간을 구함으로써 이들 점화성을 지

배하는 인자들의 거동을 밝히고 또한 스파크 회수 및 스파크 간격 변화에 대하여 유용에너지와 무용에너지를 구하여 점화지연기간 내에 방출하는 에너지가 최대가 되는 스파크 조건을 결정함으로써 다회수 스파크 점화장치의 방전특성을 고찰하고자 한다.

2 점화파형의 측정장치 및 측정방법

2.1 점화파형 측정장치

다회수 스파크 점화장치의 점화파형을 측정하기 위한 장치는 Fig.1과 같다.

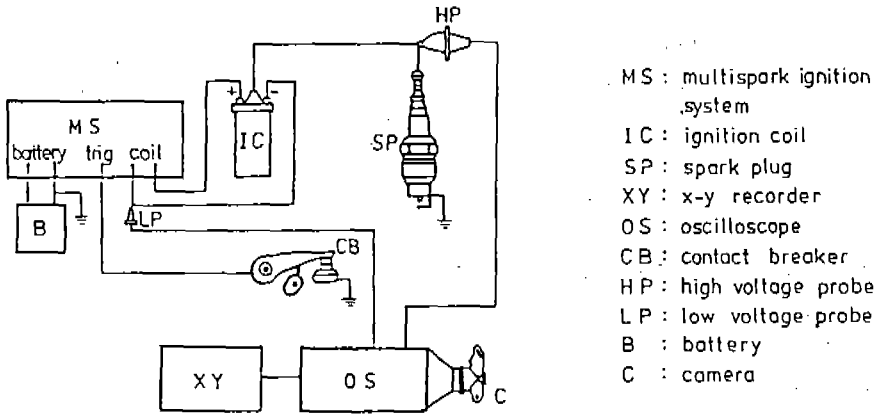


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

그림에서 보는 바와 같이 다회수 스파크 점화장치 (MS)는 점화코일 (IC)과 단속기 (CB) 및 스파크 플러그로 구성되며 점화코일의 제원은 Table 1과 같고 스파크 플러그는 BP-4 (전극틈새 : 0.75mm)를 사용하였다.

Table 1 Specification of ignition coil used

Source voltage	12 volt
Primary resistance	1.5 Ω
Secondary resistance	10.3 kΩ
Primary inductance	5.6 mH
Secondary inductance	50.4 H
Coil turns ratio	90

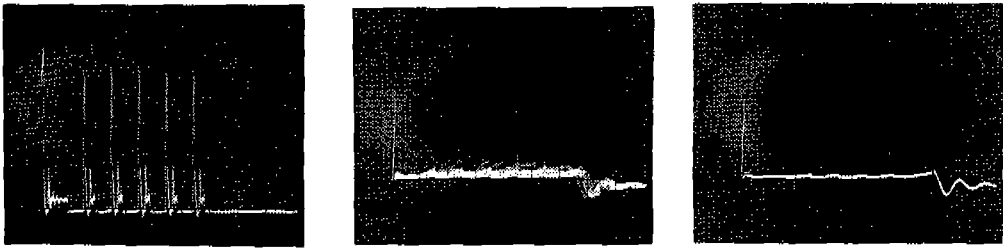
다회수 스파크 점화장치의 1차 점화파형은 점화코일 1차 단자에 저전압 측정용 프로브 (TEKTRONIX, 10X)를 사용하고 2차 점화파형은 점화플러그 단자에 고전압 측정용 프로브 (TEKTRONIX 6015, 40KV, 1000X)를 사용하여 이들 프로브의 검출신호를 오실로스코프 (TEKTRONIX 5223, 10MHZ, Digital Storage type과 HEWLETT PACKARD 1741 A, 100MHZ, Analog Storage type)에 입력시켜 X-Y recorder로 기록하거나 파형을 사진기로 직접 촬영하도록 하였다.

2.2 점화파형의 측정

다회수 스파크 점화장치에서 스파크 회수 증가에 따른 1차 전압의 감소를 방지하기 위하여 펄스 발생기를 이용하여 분당 15,000 회의 펄스를 가하여 첫번째 이후의 1차 전압이 낮게 되지 않는 최소의 간격을 결정하였으며 이 최소 스파크 간격은 0.15ms 이다. 이와 같이 결정된 스파크 간격 0.15ms 로부터 스파크 간격을 0.20ms, 0.25ms 로 하고 스파크 회수는 2회, 4회, 6회 및 8회로 하여 각각의 경우에 대한 1차 및 2차 점화파형을 측정한다.

Fig. 2는 대표적으로 스파크 간격이 0.20ms 이고 스파크 회수가 6회인 경우의 1차 및 2차 점화파형을 오실로스코프로부터 촬영한 것으로 왼쪽의 사진 (a)는 1차점화파형이며 이때의 1차전압은 260볼트 정도로서 동상의 점

화장치에서의 값과 비슷하다. 또한 T_1 은 1차코일에 전류가 흐르는 시간이다. 그리고 사진 (b)와 사진 (c)는 2차점화파형으로 (b)는 일정시간(약 2초)에 대하여 중합한 것이고, (c)는 1회의 점화파형을 촬영한 것이다. 여기서 V_S 는 방전전압이며, V_L 은 유도방전전압이고, T_2 는 방전지속시간이다. 2차점화파형 (b) 또는 (c)에서 보면 최초의 스파크는 스파크 플러그 전극이 열려 있기 때문에 도전로가 형성될 때까지 전압이 상승되어 높은 전압상승을 나타내고 그 이후는 유도방전이 계속되며, 방전중 두번째, 세번째 및 네번째의 스파크가 가해지게 된다. 이때 두번째 이후는 뚜렷한 전압 상승이 나타나지 않으며 회수가 증가됨에 따라 조금씩 전압 상승이 보인다.



(a) (b) (c)

(a) : primary voltage	(b) : secondary voltage (multiple sweep)	(c) : secondary voltage (single sweep)
vertical axis : 50 v/div	vertical axis : 2000 v/div	vertical axis : 2000 v/div
horizontal axis : 0.20ms/div	horizontal axis : 0.20ms/div	horizontal axis : 0.20ms/div

Fig. 2 Wave form of primary and secondary voltage
(spark interval : 0.20ms, number of spark : 6)

이와 같은 현상은 첫번째 스파크가 일어날 때는 전극사이에서 도전로가 형성되어 있지 않으므로 전로파괴까지 전압이 상승되지만 그 이후는 이미 도전로가 형성된 상태이므로 높은 전압이 가해지더라도 전압상승은 나타나지 않게 된다. 그러나 스파크 회수가 증가함에 따라 마지막 부분에서 약간의 전압상승이 나타나는 것은 전극 주위가 연소로 인해 도전성의 물질이 소멸되기 때문으로 전압이 상승하는 것으로 고찰된다.

이와 같이 측정 한 1차 및 2차 점화파형을

X-Y record 로 기록함으로써 스파크 에너지, 스파크 에너지 방출패턴 및 스파크 지속시간을 산출할 수 있다.

3. 스파크 에너지 및 스파크 에너지 방출패턴⁴⁾

다회수 스파크 점화기관에서 스파크 회수와 스파크 간격을 변화시킴에 따라 스파크 지속시간과 스파크 에너지 방출패턴이 변화하게 된다. 여기서 스파크 에너지 방출패턴은 용량방

전에너지와 유도방전에너지의 비이며, 이들 방출에너지의 합이 총 스파크 에너지가 되고 용량방전기간과 유도방전기간의 합이 스파크 지속시간이다.

여기서 용량방전 에너지 ESc 는 식(1)과 같다.

$$ESc = (1/2) C_2 V_S^2 \quad (1)$$

식(1)에서 C_2 는 2차정전용량으로 LCR meter로 측정하며 실험에 사용한 점화장치에서는 90pF이었다. 또한 V_S 는 방전전압으로 점화파형으로부터 측정하며, Fig. 2(c)에 표시한 것과 같다.

그리고 유도방전에너지 ESi 는 식(2)와 같다.

$$ESi = (1/2) V_L I_2 T_2 \quad (2)$$

식(2)에서 V_L 는 유도방전전압이고 T_2 는 유도방전시간으로 Fig. 2에 표시한 것과 같다. 또한 I_2 는 2차전류 최대값으로 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다.

여기서 점화코일의 1차 및 2차측 인덕턴스를 L_1, L_2 라 하고 1차 차단전류를 I_1 , 변환효율을 η 라고 하면 1차측 공급에너지와 2차측으로의 출력에너지는 식(3)과 같은 관계가 있다.

$$(1/2) L_1 I_1^2 = (1/2) L_2 I_2^2 \quad (3)$$

또한 점화코일의 권수비를 (N_2/N_1) 라고 하면, 인덕턴스와의 관계는 식(4)와 같다.

$$L_2 = (N_2/N_1)^2 L_1 \quad (4)$$

따라서 식(3)과 식(4)로부터 2차측 최대전류값 I_2 는 식(5)와 같다.

$$I_2 = \sqrt{\eta} \cdot I_1 / (N_2/N_1) \quad (5)$$

식(5)에서 (N_2/N_1) 는 Table 1에 표시하였고, 점화코일의 변환효율 η 는 일반적으로 폐자료를 사용하면 약 70%이다.⁴⁾ 또한 1차전류 I_1 는 식(6)과 같다.

$$I_1 = E/R_1 (1 - e^{-\frac{R_1}{L_1} T_1}) \quad (6)$$

식(6)에서 축전지 전압 E , 1차코일 저항 R_1 및 1차코일 인덕턴스 L_1 은 점화코일의 제원

으로 Table 1과 같다. 그리고 1차코일의 전류가 흐르는 시간 T_1 은 1차측 점화파형으로부터 측정한다. 식(6)에 의하여 I_1 을 구하고, 이 I_1 값을 식(5)에 주어 I_2 를 구함으로써 식(2)로부터 유도방전에너지를 구할 수 있다.

따라서 총 스파크 에너지는 식(7)과 같다.

$$ES = (1/2) C_2 V_S^2 + (1/2) V_L I_2 T_2 \quad (7)$$

식(7)을 다회수 스파크의 점화 에너지식으로 바꾸어 쓰면 다음 식(8)과 같이 표시할 수 있다.

$$ES = 1/2 (\sum_{i=1}^n C_2 i V_S i^2 + \sum_{i=1}^n V_L i I_2 i T_2 i) \quad (8)$$

이상과 같은 방법으로 다회수 스파크 점화기관에 있어서 스파크 회수 및 간격변화에 따라 용량방전 에너지와 유도방전 에너지 그리고 총 점화 에너지를 계산할 수 있으며 Table 2에 이들의 값을 표시하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 1회 스파크에 대한 스파크지속시간 ($T_2/\text{No. S}$)은 스파크 간격을 증가할수록 증가하고, 스파크 회수 (No. s)의 증가에 따라 감소한다. 당연한 일이지만 총 스파크 지속시간 (T_2)은 스파크 회수 증가에 따라 증가한다.

또한, 1회 스파크에 대한 용량방전 에너지 ($ESc/\text{No. S}$)는 스파크 간격 변화에 대해서는 별 영향이 없으며, 스파크 회수 증가에 따라 감소하는 경향으로 된다. 그러나 총 용량방전 에너지 (ESc)는 스파크 회수 증가에 따라 증가한다.

한편, 1회 스파크에 대한 유도방전 에너지 ($ESi/\text{No. S}$)는 스파크 간격 증가에 따라 증가하며, 스파크 회수 증가에 따라서는 감소한다. 그러나 총 유도방전 에너지 (ESi)는 스파크 회수 증가에 따라 증가한다.

결과적으로 총 스파크 에너지 (ES)는 스파크 간격 (S_i)와 스파크 회수 (No. S)가 증가할수록 증가한다.

또한, 스파크 에너지 방출패턴 (ESi/ESc)은 스파크 회수를 증가함에 따라 약간 증가하나 스파크 간격 증가에 따라 크게 증가한다. 따라서 스파크 에너지 방출패턴은 스파크 간격에 지배된다.

Table 2 Spark duration, spark energy and discharge pattern of spark energy

Si	No. S	Item	T ₂ ms	T ₂ /No.s	ESc mJ	ESc/No.s	ESi mJ	ESi/No.s	ES mJ	ESi/ESe %
0.15 ms	2		0.55	0.275	2.54	1.27	0.27	0.135	2.81	10.6
	4		0.81	0.203	2.81	0.70	0.31	0.078	3.12	11.0
	6		1.09	0.182	3.34	0.56	0.38	0.063	3.72	11.4
	8		1.38	0.173	4.10	0.51	0.42	0.053	4.52	10.2
0.20 ms	2		0.61	0.305	2.56	1.28	0.52	0.260	3.08	20.3
	4		1.00	0.250	3.02	0.76	0.69	0.173	3.71	22.8
	6		1.38	0.230	3.42	0.57	0.85	0.142	4.27	24.9
	8		1.72	0.215	4.02	0.50	1.21	0.151	5.23	30.1
0.25 ms	2		0.79	0.395	2.56	1.28	0.95	0.475	3.51	38.0
	4		1.20	0.300	3.11	0.78	1.20	0.300	4.31	38.6
	6		1.70	0.283	3.48	0.58	1.55	0.258	5.03	44.5
	8		2.18	0.273	4.25	0.53	1.87	0.234	6.12	44.0

T₂ : spark duration

ES : spark energy

ESc : capacitive discharge energy

ESi : inductive discharge energy

No. S : number of spark

Si : spark interval

4. 다회수 스파크의 방전효과

4.1 스파크 회수 및 간격에 의한 방전효과

스파크 회수 변화에 따른 방전효과를 고찰하기 위하여 스파크 간격을 매개변수로 하고 스파크 회수를 증가시킴에 따라 유도방전 에너지와 용량방전 에너지 및 스파크 에너지를 나타내면 Fig. 3과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 스파크 회수를 증가시킴에 따라 유도방전 에너지와 용량방전 에너지는 증가하지만 유도방전 에너지보다 용량방전 에너지의 증가가 더 크다.

여기서 스파크 회수 증가에 대한 유도방전 에너지의 증가율 ($dESi/dNo.S$)을 구하면 스파크 간격이 0.15ms 일때 0.025 이고, 스파크 간격이 0.25 ms 일때는 0.15가 되어 스파크 간격이 클수록 스파크 회수 증가에 대한 유도방전 에너지의 증가율이 크게 된다.

또한 스파크 회수 증가에 대한 용량방전 에너지 증가율 ($dESc/dNo.S$)은 스파크 간격이 0.15 ms 일때 0.26 이고, 스파크 간격이

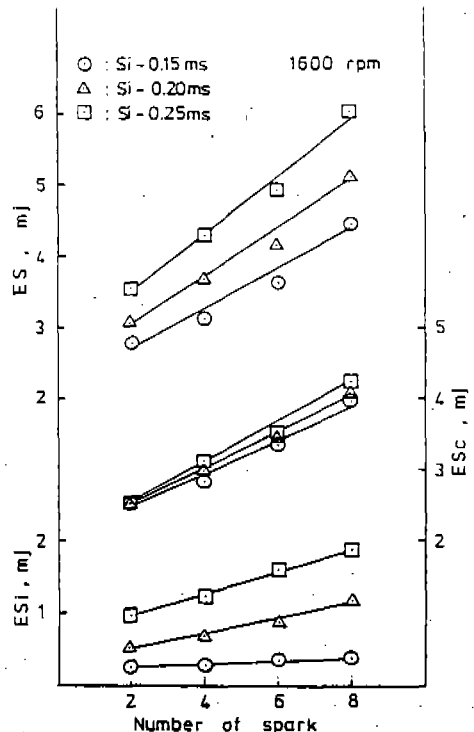


Fig. 3 Spark energy vs. number of spark and spark interval

0.20 ms 일때는 0.24 이며, 스파크 간격이 0.25 ms 일때는 0.28 로서 스파크 간격 변화로 인한 차이가 거의 없지만 그 증가율은 스파크 회수 증가에 대한 유도방전 에너지 증가율보다 크다.

따라서 스파크 회수 증가는 용량방전 에너지 증가에 지배적으로 작용하고, 스파크 회수 증가에 따른 유도방전 에너지는 스파크 간격이 적은 경우는 거의 증가가 없으나 스파크 간격이 큰 경우에는 유도방전 에너지는 증가한다.

이와 같은 효과는 기관의 토크에 영향을 미친다. Fig. 4는 스파크 간격이 0.20 ms 일때 스파크 회수를 변화시킨 경우 공기연료비 변화에 대해서 기관의 토크를 나타낸 것이다.

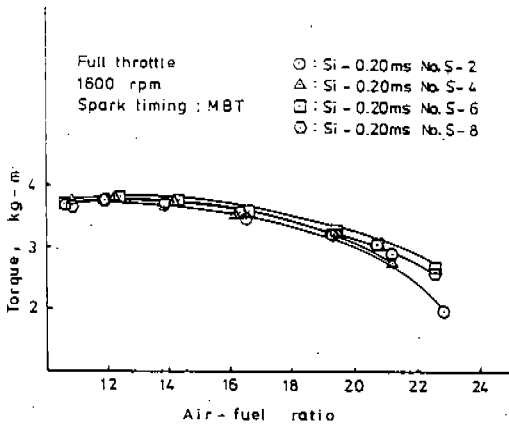


Fig. 4 Torque vs. air-fuel ratio and number of spark

그림에서 보는 바와 같이 공기연료비가 15:1 일때 스파크 회수 증가에 대한 토크 증가보다 혼합기가 희박한 공기연료비 20:1 의 경우가 스파크 회수 증가에 따른 토크 증가가 더 크다. 이것은 혼합기가 희박할수록 혼합기의 점화성이 저하하므로 화염핵 생성에 효과적인 용량방전 에너지를 증가시킬 수 있는 스파크 조건이 효과적임을 알 수 있다.

다음으로 스파크 간격변화에 대한 방전효과를 고찰하기 위하여 스파크 회수를 매개변수로 하여 스파크 간격의 변화에 대해서 유도방전 에너지와 용량방전 에너지 및 스파크 에너

지를 나타내면 Fig. 5 와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 용량방전 에너지는 스파크 간격변화에 대해서는 거의 일정하며 스파크 회수가 많을수록 크다. 또한 유도방전 에너지는 스파크 간격에 비례하여 증가하며 스파크 회수가 많을수록 스파크 회수가 적은 경우에 비해서 스파크 간격 증가에 대한 유도방전 에너지의 증가율이 더 크다. 따라서 스파크 간격은 유도방전 에너지에 지배적으로 적용함을 알 수 있다.

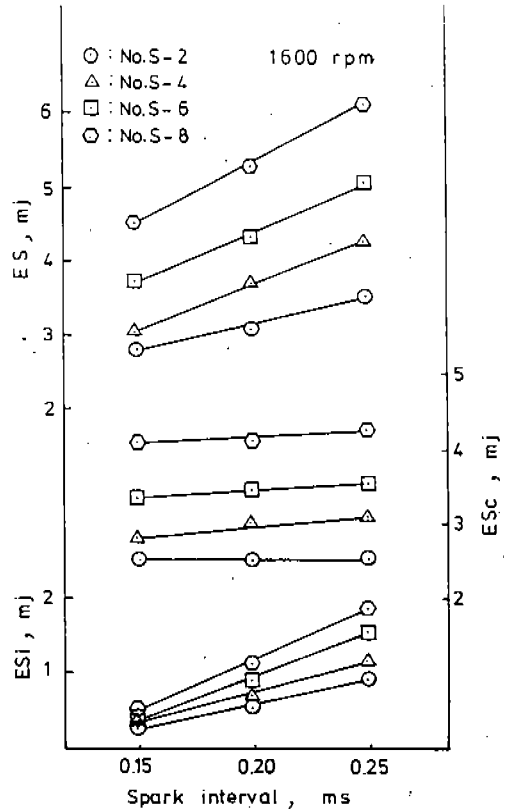


Fig. 5 Spark energy vs. spark interval and number of spark

이와 같은 효과는 기관토크에 영향을 미친다. Fig. 6은 스파크 회수가 6회 일때 스파크 간격 변화에 대한 기관토크를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 공기연료비 15:1인 경우 스파크 간격이 클수록 토크는 증가하지만 공기연료비가 20:1 인 경우에는 스파크 간

격을 크게 해도 토크 증가는 없다. 이것은 공기연료비 15:1 부근에서는 혼합기의 점화성이 양호한 영역으로 스파크 간격 증가에 따른 유도방전 에너지가 크게 되어 화염핵 성장에 효과적으로 작용하기 때문이며 공기연료비 20:1 부근의 경우는 혼합기가 희박하여 점화성이 나쁘므로 스파크 간격 증가에 따른 유도방전 에너지 증가만으로는 혼합기의 화염핵 생성에 효과가 없으므로 토크 향상을 기대할 수 없다.

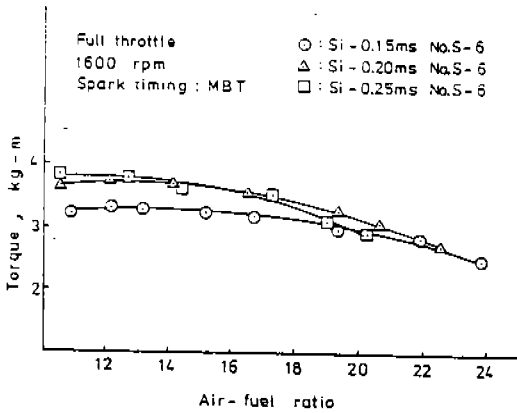


Fig. 6 Torque vs. air-fuel ratio and spark interval

따라서 혼합기의 점화성이 양호한 경우에는 스파크 간격을 크게 하여 화염핵 성장에 효과적으로 작용할 수 있는 유도방전 에너지를 크게 하고, 혼합기가 희박하여 점화성이 저하된 경우는 스파크 회수를 증대시켜 화염핵 생성에 효과적으로 작용할 수 있는 용량방전 에너지를 크게 해야 한다. 그러나 용량방전 에너지를 증가하기 위하여 스파크 회수를 과도하게 증가시키면 스파크 에너지가 열염이 발생하는 점화지연기간 이후까지도 방출하게 되며 점화지연기간 이후에 방출되는 에너지는 이미 화염이 생성된 이후 이므로 무용의 에너지가 된다. 따라서 스파크 방출에너지가 화염핵 생성에 유용하게 기여하기 위해서는 점화지연기간 내에 충분한 에너지가 방출되어야 한다. 점화지연기간 이후에 방출되는 스파크 에너지는 이미 화염이 발달되고 있는 과정이기 때문에 화염핵 생성과 성장에는 도움이 될 수 없으며

무용의 에너지가 된다. 따라서 화염핵 생성과 성장발달에 효과적으로 작용할 수 있는 스파크 에너지 방출패턴으로 혼합기를 점화하여야 한다.

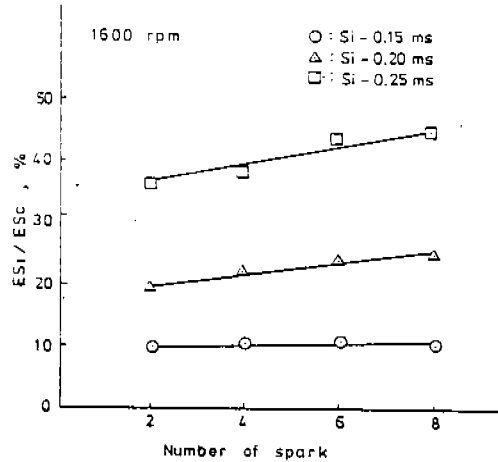


Fig. 7 Discharge pattern of spark energy vs. number of spark and spark interval

다음으로 스파크 회수 및 스파크 간격 변화에 따른 용량방전 에너지에 대한 유도방전 에너지의 비율인 방전패턴을 스파크 간격을 매개변수로 하고 스파크 회수에 대하여 나타내면 Fig. 7과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 스파크 간격이 0.15 ms 인 경우는 스파크 회수를 증가해도 스파크 에너지 방출패턴은 약 10%로 거의 일정하지만 스파크 간격이 증가할수록 스파크 회수 증가에 따른 스파크 에너지 방출패턴은 증가한다. 여기서 혼합기의 점화성이 나쁜 경우 Fig. 6에서 밝힌 바와 같이 화염핵 생성을 빠르게 하기 위하여 스파크 회수를 증가시키면 용량방전 에너지는 증가하지만 스파크 간격이 클수록 스파크 에너지 방출패턴이 크게되어 유도방전 에너지의 증가가 더 크게되어 무용의 에너지가 증대하게 된다. 따라서 Fig. 4와 Fig. 6의 실험결과에 의하여 최적의 스파크 조건을 구할 수 있으며, 이 스파크 조건에 따라 Fig. 7에서 스파크 에너지 방출패턴을 알 수 있다.

4. 2 질량연소에 미치는 방전효과

스파크 점화기관의 연소는 화염전파에 지배된다. 이 화염전파는 질량연소에 지배되므로 화염전파 과정과 질량연소 과정은 서로 상사하다.

- a: ignition delay period
- b: flame development period
- c: rapid combustion period
- d: after burning period

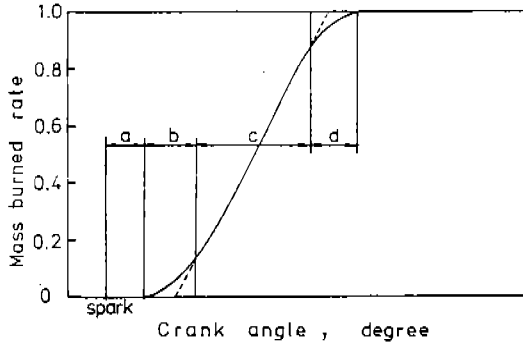


Fig. 8 Illustrated diagram of mass burned rate

Fig. 8은 질량연소과정을 나타내는 예시이다. 그림에서 보는 바와 같이 스파크 점화기관의 질량연소과정은 a, b, c 및 d인 4기간으로 나눌 수 있다. 즉, a는 점화지연기간(ignition delay period)이고, b는 질량연소의 가속과 더불어 화염의 발달기간이 되며, c는 일정속도로 질량연소되는 급속연소기간이 된다. 또한, d는 연소실 벽면 가까이 질량연소가 감소되는 후기연소기간이다. 여기서 점화지연기간은 스파크 시기(Spark timing)로부터 열염(hot flame)이 발생하여 실질적인 압력상승이 시작되는 점까지를 말한다. 이 기간은 스파크 후 냉염(cool flame)이 출현할 때까지의 기간과, 산소가 탄화수소 중의 수소와 반응하여 냉염을 발생하는 기간 및 활성화된 formaldehyde로부터 청염(blue flame)을 발생하는 기간의 합으로 된다. 점화지연기간은 본질적으로는 연료의 분자구조 및 분자중량에 따라 달라지지만, 혼합기의 압력, 온도, 스파크 에너지, 스파크 플러그 근방의 가스유동에 따라 달라지며, 점화성(ignition quality)의 평가 및 노킹 발생에 중요한 인자가 된다.

이와 같은 점화지연기간 a와 질량연소의 가속기간 b와의 합(a+b)이 초기연소기간(early combustion period)이 되며, 초기 연소기간은 후속되는 급속연소기간 및 후기 연소기간에 영향을 미치게 한다.

Table 3에 스파크 회수(No.S) 및 스파크 간격(Si)에 대한 스파크 지속시간(T_2), 초기연소기간(a+b), 점화지연기간(a), 유용스파크 방전에너지(ES_a) 및 무용스파크 방전에너지(ES_u)를 나타낸다. 표에서 보는 바와 같이 스파크 간격 및 회수의 증가에 따라 스파크 지속시간은 증가되나, 초기 연소기간을 단축시키는 효과는 유용방전에너지의 증대에 있다. 유용방전에너지란 점화지연기간내에 방출되는 에너지를 말하며, 표에서 ($T_2 - a$)가 부(-)가 되는 시간에 방출되는 에너지이다. 무용방전에너지란 점화지연기간 이후에 방출되는 에너지를 말하며, ($T_2 - a$)에 있어서 정(+)으로 되는 시간에 방출되는 에너지이다.

이 경우의 기관운전조건은 1600 rpm, 공기 연료비 19:1, 최적 점화진각을 취한 경우이다.

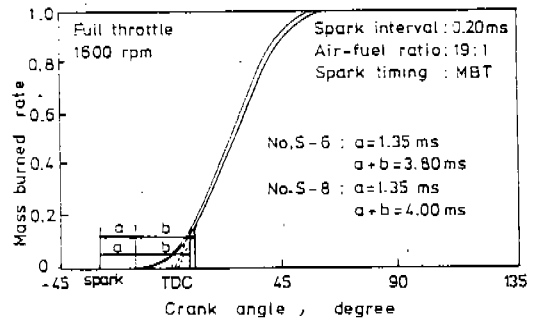


Fig. 9 Mass burned rate with number of spark at spark interval 0.20 ms

Fig. 9에 대표적으로 스파크 간격 0.2 ms에 있어서 스파크 회수 6회와 8회에 대한 질량연소율을 비교한다. Table 3으로부터 스파크 회수 6회(No.S-6) 및 스파크 회수 8회(No.S-8)에 대한 총 스파크 에너지(ES)는 4.27 mJ 및 5.23 mJ이다. 그러나 유용방전에너지는 스파크 회수 6회가 4.18 mJ이고, 스파크 회수 8회는 0.08 mJ 만큼 부족한 4.10 mJ이다. 따라서 초기 연소기간

(a + b)은 그림에서 보는 바와 같이 유용 방전에너지가 많은 스파크 회수 6회의 경우가 짧게 된다. 또한, 후속되는 급속연소기간 및 후기연소기간도 차이가 있으며 이 차이는 초기연소기간의 차이에 기인한다.

이상과 같이 초기 연소기간을 단축시키기

위해서는 다른 조건이 동일한 경우, 점화지연기간내에 방출되는 스파크 에너지, 즉 유용스파크 방전에너지를 증대시키는 방법이 되며, 또한 유용스파크 방전에너지의 증대에 따라 점화지연기간이 단축된다.

Table 3 Spark duration, early combustion period and ignition delay period at air-fuel ratio 19:1

Si	Item No. S	T ₂ ms	a + b ms	a ms	T ₂ - a ms	ES mJ	ESa mJ	ESu mJ
0.15 ms	2	0.55	4.48	2.08	-1.53	2.81	2.81	-
	4	0.81	4.17	1.98	-1.17	3.12	3.12	-
	6	1.09	4.06	1.56	-0.47	3.72	3.72	-
	8	1.38	4.27	1.67	-0.29	4.52	4.52	-
0.20 ms	2	0.61	4.48	1.67	-1.06	3.08	3.08	-
	4	1.00	4.48	1.77	-0.77	3.71	3.71	-
	6	1.38	3.80	1.35	+0.03	4.27	4.18	0.09
	8	1.72	4.00	1.35	+0.37	5.23	4.10	1.13
0.25 ms	2	0.79	4.53	1.88	-1.09	3.51	3.51	-
	4	1.20	4.38	1.88	-0.68	4.31	4.31	-
	6	1.70	4.17	1.46	+0.24	5.03	4.32	0.71
	8	2.18	4.17	1.67	+0.68	6.12	4.30	1.82

- a : ignition delay period
- b : flame development period
- T₂ : spark duration
- ES : spark energy

- ESa : available spark energy
- ESu : unavailable spark energy
- No. S : number of spark
- Si : spark interval

5. 결 론

이상의 연구결과에 대한 결론은 다음과 같다.

1) 스파크 회수를 증가시키면 용량방전 에너지의 증가율이 유도방전 에너지 증가율보다 더 크게 된다. 따라서 혼합기가 희박하여 점화성이 저하된 경우는 화염핵 생성에 효과적인 용량방전 에너지를 증가시킬 수 있는 스파크 조건이 효과적이다. 그러나 과대한 스파크 회수 증가는 점화지연기간 이후까지도 스파크 에너지가 방출하게 되어 화염핵 생성이나 성장발달에 아무런 도움을 주지 않으며 무용의

에너지가 됨을 확인하였다. 따라서 점화지연기간내에 방출하는 에너지가 최대로 되는 최적의 스파크 회수가 존재한다.

2) 스파크 간격을 증가시키면 스파크 지속시간이 증대되고, 따라서 유도방전 에너지가 증대된다. 일반적으로 알려져 있는 바와 같이 유도방전 에너지는 화염의 성장에 기여하여 점화성 향상의 효과가 있어서 질량연소를 촉진시켜 기관 토크가 향상된다. 그러나 이 경우에 있어서도 스파크 지속시간이 점화지연기간을 초과하여 방출되는 유도방전 에너지는 무용에너지가 되며, 따라서 최적의 스파크 간격

이 존재한다.

참 고 문 헌

1. 態谷清一郎 : 燃焼序説(5), 機械の研究, 第2卷 第7號, p.42, 1950.
2. 中原吉男 : プラグと 燃焼(1), 内燃機關, 23卷 12號, pp.73-86, 1984.
3. 이성열, 한병호 : 다회수 스파크 점화기관의 기관성능에 관한 연구, 한국자동차공학회지, 제10권 제4호, pp.66-73, 1988.
4. 中村 繁男, 金子 靖雄 : ハイエナジ點火裝置の動向, 自動車技術, 30卷 5號, pp.321-326, 1976.