

# 나사 표준 착화기 (NASA Standard Initiators) 연결 전기 커넥터의 규격 비교

김인성\* · 정은환\*

## Comparisons on Specifications of Mating Electrical Connectors for NASA Standard Initiators

In Sung Kim\* · Eun Hwan Jeong\*

### ABSTRACT

Based on published materials, we compared specifications of mating electrical connectors for the NASA Standard Initiators NSI-1,2,3 with each other after the initiator specifications summary. The mating connector specifications for NSI-1,2 are MSFC-40M38298 and MIL-DTL-26482, series1 while for NSI-3 is MIL-DTL-38999, series3. The MIL-DTL-38999, series3 has the highest overall environmental resistance performance. MSFC-40M38298 is the next and MIL-DTL-26482, series1 follows. In particular, if initiators be used under severe shock and vibration environments, the MIL-DTL-38999, series3 should be applied.

### 초 록

공개된 자료들을 바탕으로 NASA의 표준 착화기 NSI-1,2,3의 간략한 성능규격 비교와 함께 NSI에 연결되는 전기 커넥터의 규격을 비교하였다. NSI-1,2에 연결되는 커넥터의 규격은 MSFC-40M38298과 MIL-DTL-26482, series1이며, NSI-3에 연결되는 커넥터의 규격은 MIL-DTL-38999, series3이다. 전체적인 내환경 성능은 낮음에서 높음 순서로 MIL-DTL-26482, series1/MSFC-40M38298/MIL-DTL-38999, series3 이다. 특히, 고충격, 고진동 환경에서 착화기를 사용하여야 한다면 NSI-3의 커넥터 규격인 MIL-DTL-38999, series3의 커넥터를 사용하는 것이 적절할 것이다.

Key Words: NASA Standard Initiator (나사 표준 착화기), mating electrical connector (연결 전기 커넥터), Environmental Resistance Performance (내환경 성능)

### 1. 서 론

착화기는 고체화약으로 가스를 발생시켜 순간적으로 기구를 작동시키는 가스발생기 (gas generator), 각종 고체추진 로켓모터 등을 점화하는 데 사용되는, 밀폐된 작은 화약통과 화약, 발열선, 리셉터클 전기 커넥터를 결합하여 만든 작

\* 한국항공우주연구원 발사체엔진팀  
† 교신저자, E-mail: iskim12@kari.re.kr

은 부품이다. 특별히, 미국에서는 아폴로 달착륙 임무 프로그램 (Apollo Lunar Mission)의 요구조건을 만족하도록 2핀의 단일 열선을 가지는 착화기 (SBASI, Single Bridgewire Apollo Standard Initiator)가 개발되었으며, 이후 나사의 우주왕복선 시스템에 채용되어 표준화되어 사용되었고, 나사 표준 착화기 (NSI, NASA Standard Initiator. 이하, NSI)로 명명되었다.[1] 그 후 NSI의 개량작업이 수행되었으며, 현재까지 초기의 NSI를 NSI-1, 개선된 내환경 성능의 NSI를 NSI-2[2], 그리고 내환경 성능의 개선과 함께 전기 커넥터 규격을 변경한 NSI-3가 개발되었다.[3] 본 논문에서는 공개된 자료들을 바탕으로, 각 NSI의 간략한 성능규격 비교와 함께 NSI에 연결되는 전기 커넥터 (mating electrical connector)의 규격을 비교하여 보았다.

## 2. NSI 및 연결 전기커넥터의 규격 비교

### 2.1 NSI 성능규격 비교

NSI-1의 구조는 상용 대체품인 hi-shear사의 PC23 착화기와 동일하며 다음 Fig. 1과 같다. NSI-2의 외형은 weld washer를 제외하고 NSI-1과 동일한 것으로 보인다. Fig. 2는 NSI-1의 크기를 가늠할 수 있도록, 동일한 규격의 PC23 외형을 대표 치수와 함께 보였다.

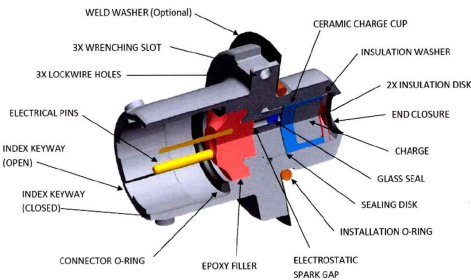


Fig. 1 Cross-sectional view of hi-shear PC23 initiator, commercial equivalent to NSI-1.[1]

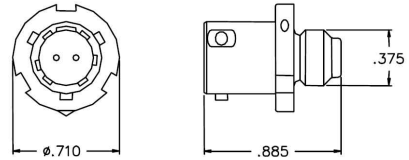


Fig. 2 External configuration of hi-shear PC23, commercial equivalent to NSI-1.

NSI-3는 공개된 사진이나 구성도를 구할 수 없었으나, 공개된 규격을 기준으로 할 때 다음 Fig. 3과 같은 외형으로 추정된다. Fig. 3은 미국 hi-shear사의 공개된 여러 모델의 착화기 외형을 합성하여 만든 것이다. 참고로 NSI-1의 최대 외경은 0.71 인치 (18.0 mm)이고, NSI-3는 최대 외경은 이 보다 큰 1.01인치 (25.7mm)로 추정된다.

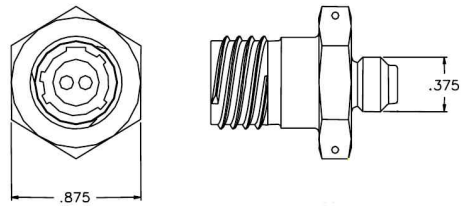


Fig. 3 Estimated external configuration of NSI-3.

각각의 NSI들의 주요 성능규격의 비교는 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Typical performance comparisons on NSI's

착화기	NSI-1 [4]	NSI-2 [2]	NSI-3 [3][5]
주요규격			
기본 규격			
output pressure (PSI) 10	650 +/- 125	650	미확인 <NSI-1과 동일 추정>
CC volume			
thread size	3/8-24 UNJF	3/8-24UNJF-3A	미확인 <NSI-1과 동일 추정>
bridge wire	Single	Single	미확인
mating connector	1. NBS9GE8-2SE--2SH 2. MS3116E8-2S	1. NBS9GE8-2SE--2SH 2. MS3116E8-2S	MIL-DTL-38999, series 3
사용 온도	-420 F ~ +300 F (-250 C ~ +150 C)	target : -450 F (detonation shock test temperature) ~ +300 F <-450 F detonation shock test fail>	미확인 <NSI-1 규격 이상일 것으로 추정>
진동	Random : 27.8 grms, 5 min/axis	1. Random: 57.71 grms @ -65 F	미확인 <NSI-1 규격보다

	Sine : 2g, 10g	(-53.9 C), 6min/axis 2. Random2: 27.97 grms @ -260 F (-162 C), 5 min/axis	매우 클 것으로 추정>
충격	At 100 g's: 11±1 ms rise and 1±1 ms decay	At 100 g's: 11±1 ms rise and 1±1 ms decay	미확인 <NSI-1 규격보다 매우 클 것으로 추정>

## 2.2 NSI의 연결 전기 커넥터의 규격 비교

기본적으로 NSI-1과 NSI-2에는 NBS9GE8-2S (뒤에 붙는 E~H는 커넥터 삽입 key위치 버전을 나타내는 기호이다.)와 MS3116E8-2S를 연결할 수 있다.[6] 그러나, 주의해야 할 것은 NBS9GE8-2S는 NASA의 특수규격으로서 MSFC-40M38298 규격의[7] 플러그 커넥터이며, MS3116E8-2S는 이보다 내환경 성능이 낮은 MIL-DTL-26482, series 1 규격의[8] 플러그 커넥터라는 점이다. NSI 개발 시에, 전기 커넥터 규격을 정할 때, 착화기의 크기를 고려하고 널리 쓰이는 전기 커넥터 형상을 따르되 부족한 내환경 성능을 NASA의 특수규격으로 정하여 생산, 적용한 것으로 추정된다. 다만, MS3116E8-2S를 호환이 되는 커넥터로 계속 표시하는 것은 특별히 사용 환경조건이 크게 열악하지 않아 MIL-DTL-26482, series 1의 내환경 규격으로 충분한 경우에 적용하는 것을 감안한 것으로 추정된다. 참고로, 미 우주왕복선에서는 NBS9과 NBS9G를 사용하였다고 한다.[7] Fig 4에 그 외형을 보였다.

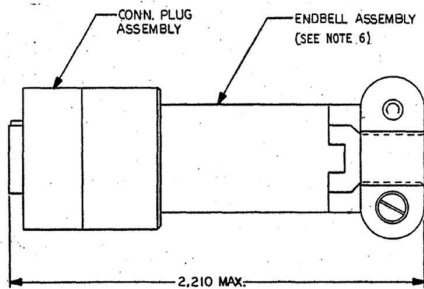


Fig. 4 Connector, plug, RFI grounding, with straight RFI (Radio Frequency Interference) backshell, environmental, electrical, bayonet coupling, with (NBS9GE-) or without (NBS9-) RFI grounding.[6]

미국의 우주왕복선 프로그램 후, Orion Multi-Purpose Crew Vehicle (MPCV) 프로그램의 극심한 충격 및 진동 환경에서 사용하기 위하여 MIL-DTL-38999, series3 규격의[9] 커넥터를 사용하는 NSI-3가 요구되었다.[5]

Table 2에 NSI-1,2에 사용하는 NBS9GE8-2S, MS3116E8-2S, NSI-3에 사용하는 D38999/series3 플러그 커넥터들의 규격 비교를 종합하여 보았다. 이 표에서 보는 바와 같이, MS3116E8-2S의 성능 규격을 기준으로 할 때 NBS9GE8-2S의 성능규격은 이보다 월등히 높으며, D38999/series3 커넥터는 NBS9GE8-2S보다 저온 사용온도에 제한이 있을 뿐 다른 성능은 크게 높은 규격의 커넥터이다.

Table 2. NSI mating connector comparisons.

비교 항목	NBS9GE8-2S [7]	MS3116E8-2S [8]	D38999, series3 [9]
커넥터 규격	MSFC-SPEC-40M38298, Connectors, Electrical, Special, Miniature Circular, Environment Resisting, 200 C, Specification For	MIL-DTL-26482, series 1, CONNECTORS, ELECTRICAL, (CIRCULAR, MINIATURE, QUICK DISCONNECT, ENVIRONMENT RESISTING), RECEPTACLES AND PLUGS, GENERAL SPECIFICATION FOR, Series 1	MIL-DTL-38999, series 3, CONNECTORS, ELECTRICAL, CIRCULAR, MINIATURE, HIGH DENSITY, QUICK DISCONNECT (BAYONET, THREADED OR BREECH COUPLING), ENVIRONMENT RESISTANT WITH CRIMP PLUGS, GENERAL REMOVABLE CONTACTS OR HERMETICALLY SEALED WITH FIXED, SOLDERABLE CONTACTS, GENERAL SPECIFICATION FOR, series 3
사용 온도	-250 F ~ +392 F (-157 C ~ 200 C)	-67 F ~ +257 F (-55 C ~ +125 C)	-85 F ~ +392 F (-65 C ~ 200 C)
진동	1. Sine : 50 g 2. Random : 43.92 grms	Sine : EIA-364-28 test condition number 3, 15 g Random : 없음	- Sine : 60 g - Random 1 : 43.92 grms @ 200 C - Random 2 : 32 grms for 100 Hz ~ 300 Hz - Standard shock : 300 g
충격	75 g, 11+/-5 msec	EIA-364-27 test condition letter A, discontinuity 10 microsecond max.	- +/-15%, 3+/-1 msec - High Impact Shock : per MIL-S-901 with modifications
와이어, contact 결합	Crimping	Soldering	Crimping

한 가지 주목할 것은 각 커넥터 규격의 와이어와 contact의 결합 방식이다. 세 개의 커넥터 중 MS3116E8-2S의 규격만이 crimping이 아닌 soldering 방식이다. soldering은 제대로 작업이 되면 튼튼한 결합 방식이지만, 작업자의 숙련도 혹은 상태에 따라 작업 품질의 변동이 큰 방식

이다. 이에 비해 crimping은 작업자에 대한 변동이 크지 않고 안정적이며, contact의 규격과 와이어의 규격을 오류 없이 선정하여 두면 작업에 의한 품질변동을 soldering에 비해 크게 줄일 수 있다. 따라서, 이 점에 의해서라도 NSI-1을 사용하는 경우라면 NBS9GE8-2S의 규격(MSFC-40M38298)을 선정하는 것이 타당하다.

국내에서 현재 개발, 생산되는 착화기는 NSI-1의 커넥터 규격과 동일한 규격을 사용한다. 그러한 착화기를 꼭 사용하여야 하고 그 사용환경이 매우 열악한 곳이라면, 이상의 논의에서 MSFC-40M38298 규격의 플러그 커넥터를 착화기 연결 커넥터로 사용하는 것이 좋다. 그러나, 플러그 커넥터를 국내에서 개발하는 개발품에 적용하기에는 매우 고가인 점과(커넥터 부품 1개 당 100만원 정도) 미 수출제한품목이라는 제한점이 있다.

### 3. 요약

본 논문에서는 NSI-1,2,3의 성능을 간단히 요약하고 각각의 NSI에 연결하는 플러그 커넥터들의 규격을 비교하였다. 그 비교결과에 따라, NSI-1의 커넥터 규격과 동일한 규격을 사용하는 국산 착화기를 사용할 수 밖에 없다면, MSFC-40M38298 규격의 플러그 커넥터를 착화기 연결 커넥터로 사용하는 것이 좋다. 그러나, MSFC-40M38298 규격의 플러그 커넥터는 매우 고가이며 미 수출제한 품목이다. 그러므로, 추후 고충격, 고진동 환경에서 많은 양의 국산 착화기를 지속적으로 사용하여야 한다면 MIL-DTL-38999, series3 전기 커넥터 규격의 착화기를 개발하여 사용하는 것이 적합할 것이다.

### 참 고 문 헌

1. Silverman, F. and Timmerman, B., "The PC-23 NSI Commercial Equivalent User's Guide," HSTC 9392410-5944, hi-shear, 2008.
2. Final Report on Contract NAS 9-17249,

Development and Verification of NASA Standard Initiator - 2 (NSI-2), Roberts Research Laboratory, 1988.

3. MSFC-SPEC-3635, REVISION: B, MSFC TECHNICAL STANDARDS, PYROTECHNIC SYSTEM SPECIFICATION, George C. Marshall Space Flight Center, December 11, 2014.
4. Stress H. LO, et al., SKB26100066, DESIGN AND PERFORMANCE SPECIFICATION FOR NSI-1 (NASA STANDARD INITIATOR - 1), NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, LYNDON B. JOHNSON SPACE CENTER HOUSTON, TEXAS, 1999.
5. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION LYNDON B. JOHNSON SPACE CENTER JUSTIFICATION FOR OTHER THAN FULL AND OPEN COMPETITION (JOFOC) ,Pursuant to 10 U.S.C. 2304(c) (3) and Federal Acquisition Regulation (FAR) 6.302-1, NASA Standard Initiator (NSI) and Detonator (NSD), [https://prod.nais.nasa.gov/eps/eps\\_data/157691-JA-001-001.docx](https://prod.nais.nasa.gov/eps/eps_data/157691-JA-001-001.docx), 2012
6. Johnson, L.R., et al., Configuration Control Drawing (NASA Standrad Initiator (NSI)), SLB26100052, 1981.
7. MSFC-SPEC-40M38298, REV B, CHG NOTICE 4, Connectors, Electrical, Special, Miniature Circular, Environment Resisting, 200 C, Specifications For, George C. Marshall Space Flight Center, National Aeronautics and Space Administration, 1979.
8. MIL-DTL-26482H w/AMENDMENT 1, DETAIL SPECIFICATION , CONNECTORS, ELECTRICAL, (CIRCULAR, MINIATURE, QUICK

DISCONNECT, ENVIRONMENT RESISTING), RECEPTACLES AND PLUGS, GENERAL SPECIFICATION FOR, 17 December 2009.

9. MIL-DTL-38999M , DETAIL SPECIFICATION , CONNECTORS, ELECTRICAL, CIRCULAR, MINIATURE, HIGH DENSITY, QUICK DISCONNECT

(BAYONET, THREADED OR BREECH COUPLING), ENVIRONMENT RESISTANT WITH CRIMP REMOVABLE CONTACTS OR HERMETICALLY SEALED WITH FIXED, SOLDERABLE CONTACTS, GENERAL SPECIFICATION FOR, February 2015.