

내시경용 형상기억합금 스프링의 성능평가 시스템

Characterization System of Shape Memory Alloy Springs for Endoscope

*김명순, **나승우, *이상훈, **이승기

*단국대학교 의과대학 의공학교실, **단국대학교 전기공학과

*Myung-Soon Kim, **Seung-Woo Na, *Sang-Hoon Lee, **Seung-Ki Lee

*Biomedical Lab., College of Medicine, Dankook Univ.

**Dept. of Electrical Eng., Dankook Univ.

ABSTRACT

Experimental set-up for the characterization of Shape Memory Alloys springs which are applicable to endoscope has been implemented.

Fundamental properties of SMA springs were measured by iso-thermal test, iso-metric test, iso-tonic test and the relationship between stress and strain, temperature and generated force, displacement and temperature could be characterized experimentally.

The implemented experimental set-up and characterization method can be exploited for the design of SMA springs and evaluation of actuators used in endoscope.

1. 서 론

최근 외과수술 분야에서 MIS (Minimal Invasive Surgery)에 대한 요구가 급증하고 있다. 이로 인해 비관혈적인 시술을 하는 내시경에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다 [1][2].

기존의 내시경은 굽기가 굽어 환자의 불편

도가 높고, 조작을 손으로 하기 때문에 정확한 조작 및 제어가 어려운 실정이다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 형상기억합금 (이하 SMA)을 스프링 형태로 만들어 내시경의 액추에이터로서 사용하고자 하는 연구가 시도되어진 바 있으며 이에 대한 관심이 집중되고 있다 [1].

SMA는 높은 에너지 밀도를 가져 내시경의 소형화에 유리하고 전기적 저항이 커 전기적 구동이 가능한 장점이 있다. 또한 고체 액추에이터로서 높은 복원력 (2%~10%정도)을 가지며, 스프링으로 사용할 경우는 복원력이 더욱 증가한다 [3].

본 논문에서는 내시경에 사용될 SMA 스프링의 기계적 특성을 평가하기 위한 기초 실험장치를 고안하고, SMA 스프링을 이용하여 iso-thermal, iso-metric, iso-tonic 세 가지의 기초 실험을 수행 하였다. 제작된 실험장치는 액추에이터 설계에 필요한 응력, 변형 및 온도 등의 상호 관련성을 정량적·정성적으로 분석하는 것이 가능하므로, SMA 스프링의 기계적 특성을 측정하는 장치로서 사용될수 있는 가능성을 보여준다.

2. 실험

2.1 실험장치의 제작

실험에 사용한 스프링은 Ti-Ni 합금으로

선의 직경이 0.7 mm, 스프링의 직경은 6.25 mm, 턴수는 21회, A_f 는 35°C이다. Ti-Ni 합금은 제조·가공이 어려운 단점이 있으나, 내구성이 좋으며 회복용력과 변형이 커서 액추에이터로서 사용하기에 적합하다 [4].

SMA의 성능평가를 위한 실험장치의 개략도는 그림 1에 나타나 있다. SMA 스프링은 스테인레스 강철고리로 수조바닥 및 디지털 힘 측정기에 연결되어 있으며, 히터, 냉각장치 및 마그네틱 스티어러를 이용한 수조내의 수온조절에 의하여 일정한 온도의 조절이 가능하다.

SMA의 변형은 potentiometer의 저항변화로 측정하고, SMA에 가해지는 용력은 추의 무게를 조절하여 인가한다.

SMA의 발생력은 1g의 분해능을 갖는 디지털 힘 측정기 (Catillon DFIS 10)로 측정한다.

2.2 스프링의 특성평가

2.2.1 Iso-thermal test

SMA의 온도를 일정하게 유지하고 인가하는 용력을 변화시켜 줌으로써 SMA의 용력과 변형 간의 관계를 얻을 수 있다.

변태온도 이하의 저온은 21°C, 고온은 50°C로 일정하게 유지하고 하중을 600g까지 50g 씩 증가시키며 그에 따른 변위를 측정한다.

2.2.2 Iso-metric test

SMA 스프링의 변위를 일정하게 고정시키고 온도를 변화시켜 줌으로써 SMA의 온도와 발생력 간의 관계를 얻을 수 있다.

스프링의 변위를 32 mm로 고정시키고 온도를 19°C에서부터 5°C씩 70°C까지 증가시킨 후 다시 20°C까지 냉각하여 온도에 따른 발생력의 변화를 측정한다.

2.2.3 Iso-tonic test

SMA 스프링에 인가되는 하중을 일정하게 유지하고 온도를 변화시켜 줌으로써 SMA의 온도와 변위 간의 관계를 얻을 수 있다.

SMA 스프링에 250g의 추를 달아 하중을 일정하게 유지한후 온도를 19°C에서부터 5°C씩 70°C까지 증가시킨 후 다시 20°C까지 냉각하여 온도에 따른 변위의 변화를 측정한다.

3. 결 과

3.1 Iso-thermal test

Iso-thermal test에 대한 측정결과는 그림 2와 그림 3에 나타나 있다.

저온에서의 잔류변위는 47 mm인 것으로 나타나고, 고온에서는 잔류변위가 나타나지 않음을 알 수 있다. 이는 SMA가 저온에서는 소성변형과 같은 형태의 변형을, 고온에서는 탄성변형과 같은 형태의 변형을 나타냄을 보여주고 있다.

10 mm의 변위를 얻는데 필요한 하중을 비교해 보면, 저온에서는 130g인데 비해 고온에서는 740g인 것으로 나타나, 고온에서의 변형에는 매우 큰 힘이 필요함을 알 수 있다. 따라서 SMA를 낮은 온도에서는 부드럽고 높은 온도에서는 매우 단단한 물질로 생각할 수 있다.

고온과 저온에서 모두 하중에 대한 히스테리시스를 보이는데, 이는 SMA의 기본적인 특성이며, 고온에서 보이는 변위의 급격한 감소는 전위차계 자체 내의 저항에 의한 것으로 생각된다.

3.2 Iso-metric test

Iso-metric test에 대한 측정결과는 그림 4에 나타나 있다.

가열시에 보이는 발생력의 급증은 35°C~45°C에서 나타나며, 이는 본 실험에 사용된 SMA의 A_f 온도가 35°C인 것과 잘 일치하는 실험적 결과이다. 발생력이 급격히 증가한 45°C 이후로는 발생력의 포화현상이 나타나고 있다.

일정 온도범위에서 작은 온도 변화로 큰 발생력을 얻을 수 있으므로 액추에이터로서의 실용적인 응용 가능성이 매우 큼을 알 수 있다.

Iso-metric test의 경우에도 온도에 따른

히스테리시스가 보여진다.

3.3 Iso-tonic test

Iso-tonic test에 대한 측정결과는 그림 5에 나타나 있다.

가열이나 냉각시에 모두 변태온도 35℃ 부근에서 변위가 매우 크게 변화하는 것으로 나타난다. 그 이후는 변위가 일정하다가 65℃ 이후에 다시 변위가 증가하는데 이는 SMA 스프링의 부분적인 항복현상이 나타나고 있는 것으로 보인다. 그러나 이러한 변위의 증가는 SMA의 냉각에 의해 다시 줄어들어 잔류변위가 나타나지 않는다.

변태온도 부근에서의 작은 온도변화는 8 mm 정도의 변위 변화로 나타나, SMA를 액추에이터로 응용할 경우 비교적 큰 변위를 쉽게 얻을 수 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 내시경용 액추에이터로 응용이 가능한 SMA 스프링의 성능을 측정할 수 있는 실험장치를 제작하고 기본적인 특성을 측정하였다.

SMA 스프링의 기본적인 특성은 제작된 실험장치를 이용한 iso-thermal test, iso-metric test, iso-tonic test 등을 통하여 측정되어지며 변위, 발생력 및 온도 간의 상호관계를 정량적·정성적으로 분석할 수 있다.

본 논문에서 제작한 실험장치 및 특성측정 방법은 SMA 스프링을 내시경용 액추에이터로 응용할 경우에 스프링의 설계 및 액추에이터로서의 특성 분석에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 보인다.

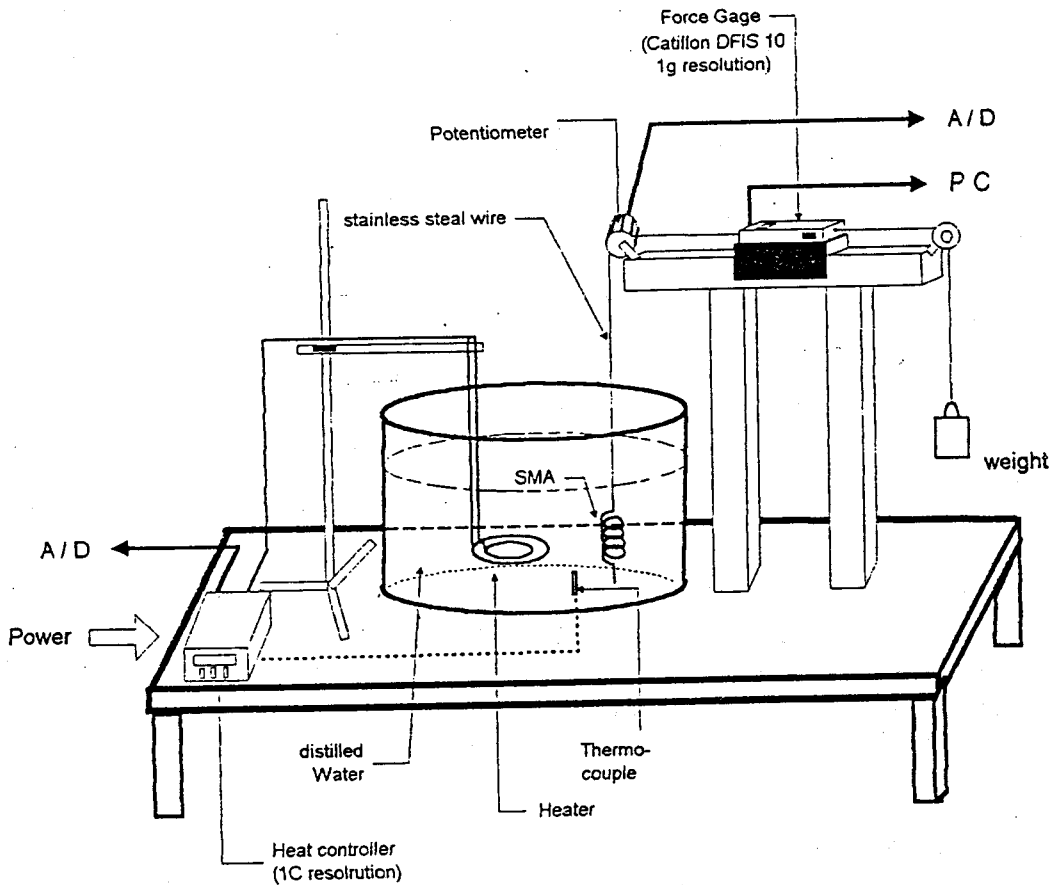


그림 1. SMA 스프링의 기본특성 측정을 위한 실험장치의 개략도

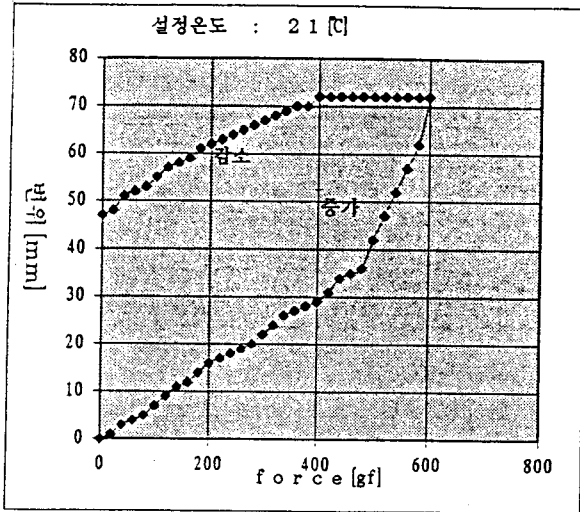


그림 2. SMA 스프링의 하중-변위 간의 관계
(iso-thermal test : 저온)

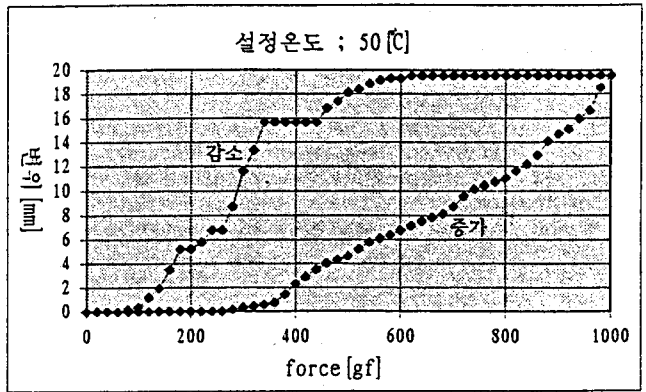


그림 3. SMA 스프링의 하중-변위 간의 관계
(iso-thermal test : 고온)

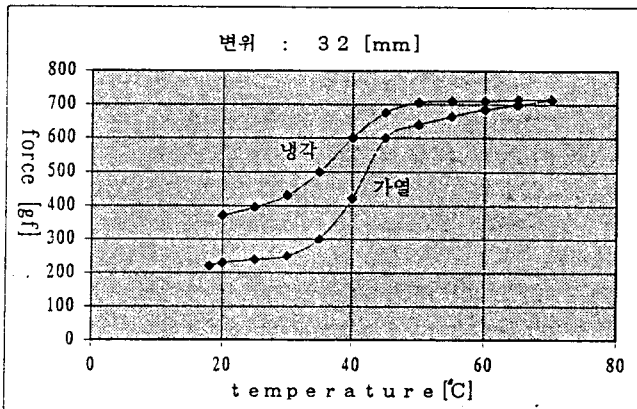


그림 4. SMA 스프링의 온도-발생력 간의 관계
(iso-metric test : 변위 32 mm)

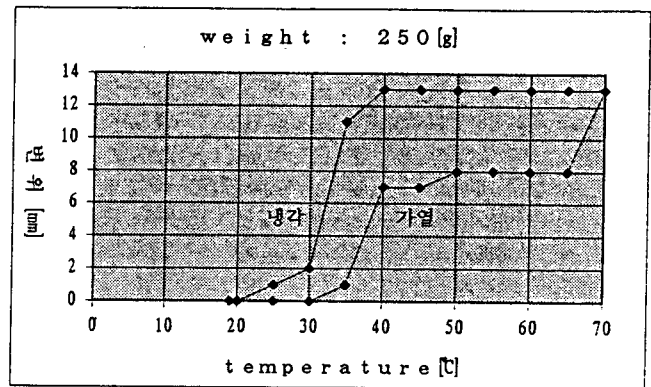


그림 5. SMA 스프링의 온도-변위 간의 관계
(iso-tonic test : 하중 250g)

5. 참고문헌

[1] M C Montesi, B Martini; "An SMA-based Flexible Active Endoscope for Minimal Invasive Surgery", J. Micromech. Microeng. 5, pp.180-182, 1995
 [2] G. Lim, K. Minami ; " Active Catheter with Multi-link Structure Based on Silicon Micromachining", Proceedings of IEEE MEMS Amsterdam, Netherlands, 1995, pp.116-121
 [3] Yasubumi Furuya, "Design and Experimental Verification of Intelligent Materials Using Shape Memory Alloy"
 [4] S. Miyazaki, K. Otsuka ; "Deformation and transition behavior associated with the R-phase in Ti-Ni alloys", Met.Trans., Vol.17, pp.53-63, 1986

히스테리시스가 보여진다.

4. 결 론

3.3 Iso-tonic test

Iso-tonic test에 대한 측정결과는 그림 5.에 나타나 있다.

가열이나 냉각시에 모두 변태온도 35℃ 부근에서 변위가 매우 크게 변화하는 것으로 나타난다. 그 이후는 변위가 일정하다가 65℃ 이후에 다시 변위가 증가하는데 이는 SMA 스프링의 부분적인 항복현상이 나타나고 있는 것으로 보인다. 그러나 이러한 변위의 증가는 SMA의 냉각에 의해 다시 줄어들어 잔류변위가 나타나지 않는다.

변태온도 부근에서의 작은 온도변화는 8 mm 정도의 변위 변화로 나타나, SMA를 액추에이터로 응용할 경우 비교적 큰 변위를 쉽게 얻을 수 있음을 알 수 있다.

본 논문에서는 내시경용 액추에이터로 응용이 가능한 SMA 스프링의 성능을 측정할 수 있는 실험장치를 제작하고 기본적인 특성을 측정하였다.

SMA 스프링의 기본적인 특성은 제작된 실험장치를 이용한 iso-thermal test, iso-metric test, iso-tonic test 등을 통하여 측정되어지며 변위, 발생력 및 온도 간의 상호관계를 정량적·정성적으로 분석할 수 있다.

본 논문에서 제작한 실험장치 및 특성측정 방법은 SMA 스프링을 내시경용 액추에이터로 응용할 경우에 스프링의 설계 및 액추에이터로서의 특성 분석에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 보인다.

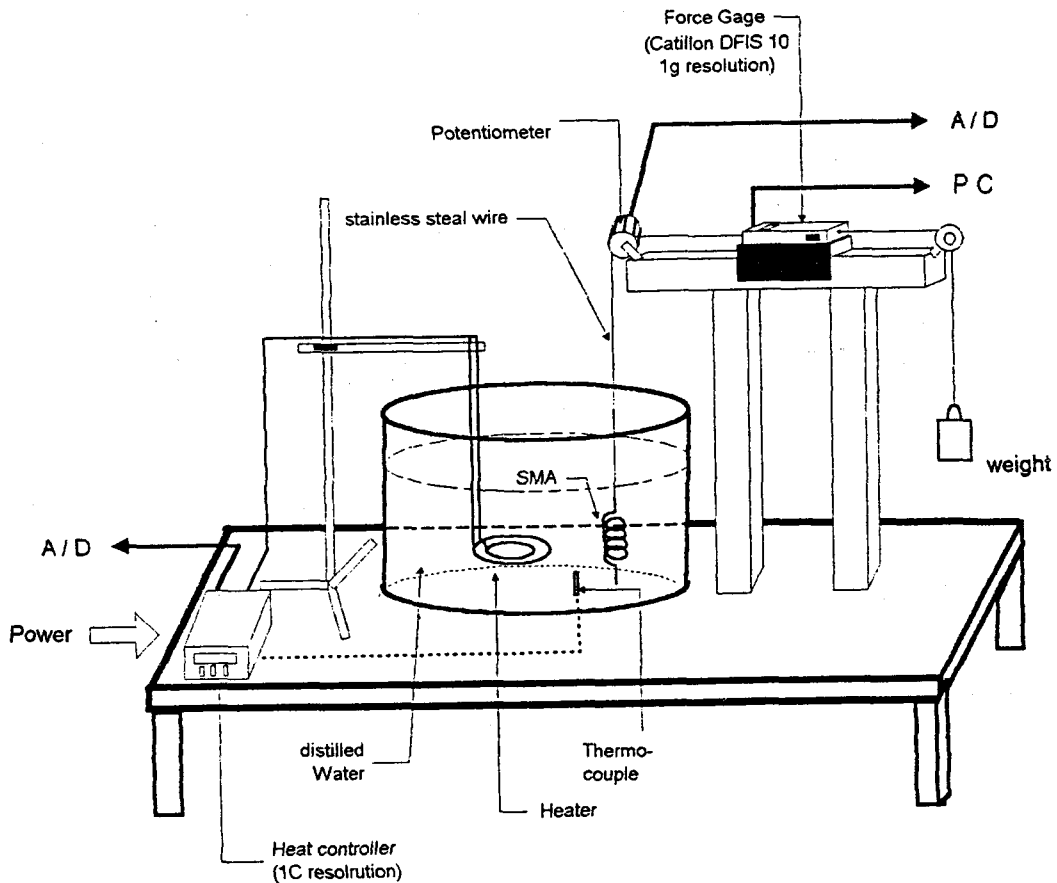


그림 1. SMA 스프링의 기본특성 측정을 위한 실험장치의 개략도

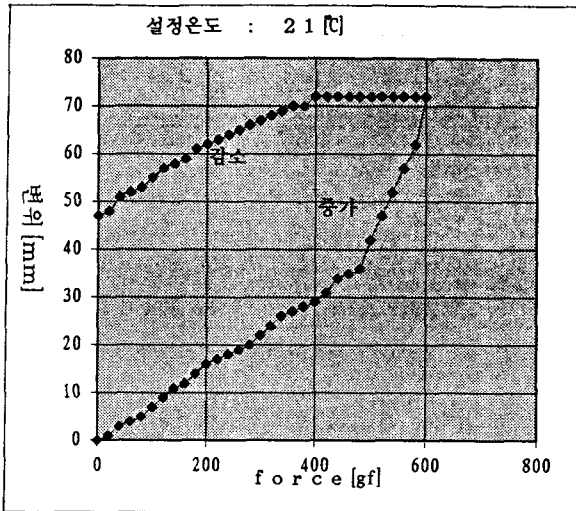


그림 2. SMA 스프링의 하중-변위 간의 관계
(iso-thermal test : 저온)

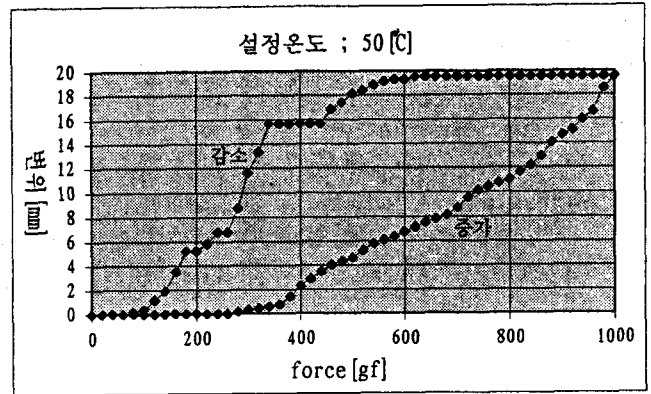


그림 3. SMA 스프링의 하중-변위 간의 관계
(iso-thermal test : 고온)

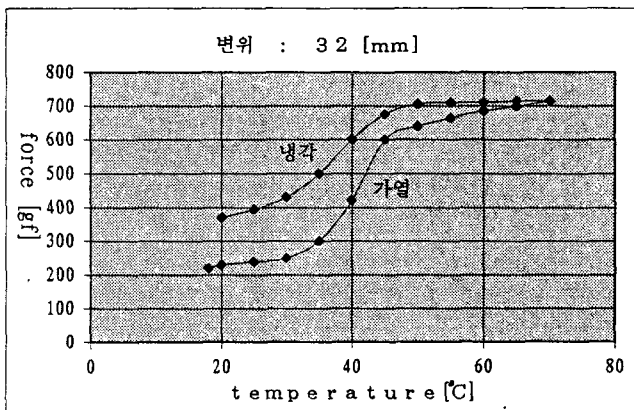


그림 4. SMA 스프링의 온도-발생력 간의 관계
(iso-metric test : 변위 32 mm)

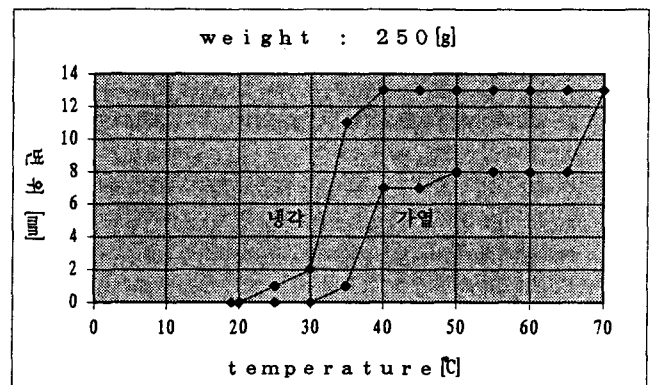


그림 5. SMA 스프링의 온도-변위 간의 관계
(iso-tonic test : 하중 250g)

5. 참고문헌

- [1] M C Montesi, B Martini; "An SMA-based Flexible Active Endoscope for Minimal Invasive Surgery", J. Micromech. Microeng. 5, pp.180-182, 1995
- [2] G. Lim, K. Minami ; " Active Catheter with Multi-link Structure Based on Silicon Micromachining", Proceedings of IEEE MEMS Amsterdam, Netherlands, 1995, pp.116-121
- [3] Yasubumi Furuya, "Design and Experimental Verification of Intelligent Materials Using Shape Memory Alloy"
- [4] S. Miyazaki, K. Otsuka ; "Deformation and transition behavior associated with the R-phase in Ti-Ni alloys", Met.Trans., Vol.17, pp.53-63, 1986