



## Fe-Cr-Ni-Mn 2 상 스테인레스강의 인장성질에 미치는 변형온도 및 Mn 함량변화의 영향

강창룡·성장현\*

부산공업대학 금속공학과

\*동아대학교 공과대학 금속공학과

Effect of Deformation Temperature and Manganese Contents on the Tensile Properties of Fe-Cr-Ni-Mn Duplex Stainless Steel

C.Y. Kang and J.H. Sung\*

Department of Metallurgical Engineering, Pusan National University of Technology

\*Department of Metallurgical Engineering, Dong-A University

### ABSTRACT

The effect of deformation temperature and manganese contents on the tensile properties of duplex stainless steels with the structure of both ferrite and austenite were investigated. For this investigation, Fe-19% Cr-5% Ni-4~8% Mn alloys were prepared.

The result obtained from this experiment are summarized as follows.

With decreasing deformation temperature, tensile strengths of duplex stainless steel increased. Elongation showed to be increased and then decreased after representing the highest value at specific temperature.

Tensile properties of duplex stainless steel were controlled by TRIP behavior in this experimental range of austenite contents.

Tensile strengths decreased with increasing Mn contents.

With increasing Mn contents, elongation decreased in the high temperature region, but increased in the low temperature region. The peak temperature representing the maximum elongation were changed to low temperature and the width of peak appeared to be broaden with increasing Mn contents.

### 1. 서 론

상온에서 준안정 오스테나이트(austenite)조직을 갖는 강의 기계적 성질은 소성변형에 의하여 오스테나이트조직이 마르텐사이트(martensite)로 변태하는 소위 변태유

기소성(이하 Trip 현상이라 한다)에 지배를 받는다고 알려져 있다<sup>1-7)</sup>.

이러한 Trip 현상은 Scheil<sup>8)</sup>에 의하여 처음 발견된 이래, Trip 현상을 갖는 재료는 변태유기생성되는 마르텐사이트가 기지인 오스테나이트보다도 강하여 강도가 현

저히 상승하고<sup>9)</sup> 또한 변태유기 마르텐사이트가 생성됨으로서 소성변형시에 발생된 재료내의 극부적인 응력이 완화되어 높은 연신율을 나타내므로 이에 대한 연구는 활발히 진행되었다. 지금까지 이들 연구의 대부분은 상온에서 오스테나이트 단상 조직을 갖는 Fe-Ni, Fe-Mn, Fe-Cr-Ni 계 합금에 대하여 주로 수행되었다<sup>1-14)</sup>

이에 반하여 페라이트(ferrite)와 오스테나이트의 2상 혼합조직을 갖는 스테인레스강에 대한 연구는 2상 스테인레스강을 만듦으로서 내식성이 현저히 개선된다는 장점 때문에 주로 내식성에 중점을 두어 많은 연구가 수행되어 왔다<sup>15-18)</sup>.

그러나 페라이트와 오스테나이트가 혼합된 2상 스테인레스강은 두 상의 혼합 특성 때문에 오스테나이트 스테인레스강이 나타내는 내식성과 연성, 페라이트 스테인레스강이 나타내는 강도 특성의 장점을 지니고 있다는 보고는<sup>16-18)</sup> 있지만 페라이트와 오스테나이트의 2상중 오스테나이트가 변형에 의하여 마르텐사이트로 변태하는 Trip 거동의 측면에서 기계적 성질을 연구한 논문은 거의 없는 것 같다.

따라서 본 연구는 Fe-19%Cr-5%Ni-4~8%Mn 조성의 2상 혼합조직을 갖는 스테인레스강에서 이 강의 인장성질은 오스테나이트상이 마르텐사이트로 변태하는 거동에 지배를 받는다는 관점에서, 여러 온도에서 인장시험을 행하여 변형온도가 인장성질에 미치는 영향을 조사함과 아울러 Mn의 함량을 달리하여 Mn의 함량변화가 인장성질에 미치는 영향을 계통적으로 조사하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. 시료 및 열처리

시료는 전해철, Fe-Cr, 금속 Ni, Fe-Mn 등을 사용하여 고주파 진공 용해로에서 용해 한 후 소정의 잉곳(ingot)을 만들었다. 이 잉곳을 알곤 분위기 머플로에서 균질화 처리 후 열간 단조에 의하여 15mm 두께로 단조하였다.

이 각재를 머플로를 사용하여 1200°C에서 20분간 유지한 다음 4mm 판재로 열간압연 하였고 그 후 산세등의 과정을 거쳐 최종 냉간압연에 의해 1mm 두께의 판재를 얻었다. 이때 얻은 강의 화학조성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Chemical Composition of Specimens (wt %).

Compo. Spec.	C	Si	S	P	Cr	Ni	Mn	Mo
A Steel	0.12	0.88	0.006	0.009	19.15	5.09	3.8	0.002
B Steel	0.12	0.85	0.007	0.007	18.55	5.16	6.2	0.001
C Steel	0.14	0.82	0.007	0.008	19.50	5.15	8.2	0.001

냉간압연이 끝난 시료는 압연방향과 인장방향이 평행하도록 인장시편(ASTM, E-8 규격)을 제작하였다.

또한 고용화 열처리하는 가공이 끝난 시료를 1020°C의 진공튜브로에서 20분간 유지후 수냉하였다.

### 2.2. 현미경조직 관찰

고용화 열처리하여 얻어진 시료는 통상의 연마과정을 거친 후 CrO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, H<sub>2</sub>O로 혼합된 전해액 수용액을 사용하여 연마과정에서 변태유기 생성된 마르텐사이트를 제거하기 위하여 전해연마를 한 다음 전해부식하여서 오스테나이트상과 마르텐사이트상을 나타내었다. 이 시료를 다시 KKH 수용액에서 전해부식을 하여 페라이트를 나타낸 다음 광학현미경에 의하여 페라이트와 오스테나이트상을 관찰하였고 주사전자현미경을 사용하여 변태유기생성된 마르텐사이트를 관찰하였다.

### 2.3. 마르텐사이트량 측정

인장변형에 의하여 변태유기생성된 마르텐사이트의 양은 인장시험에 의하여 파단된 파단부를 포함하여 시편을 채취한 후 조직관찰을 하기 위한 시료 준비 방법과 동일한 방법으로 전해연마 및 부식을 하여 X-Ray 회절기에서 측정 하였다. X-Ray 회절법에 의한 변태유기마르텐사이트량의 측정은 Mo-K $\alpha$ 선을 이용하여 주사범위는 2 $\theta$ 를 15°~45°로 정한다음 0.5°/min의 주사속도로 회절시험을 하여 이 결과로부터 측정하였다. 이때 변태유기마르텐사이트의 양은 Miller<sup>19)</sup>법에 의하여 구하였다.

### 2.4. 인장시험

인장시험은 Shimadzu DCS-25T 인장시험기에 저온 및 고온 인장시험을 할 수 있도록 장치를 부착하여 -196°C~200°C의 온도범위에서 인장시험을 하였다.

시험중의 분위기는 0°C~100°C의 온도 범위에서는 물을 사용하였고 100°C 이상의 온도영역에서는 Silicon oil

을 사용하였다. 또한 0°C 이하의 온도에서는 드라이아이스, 메칠알콜, 액체질소를 사용하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

페라이트와 오스테나이트 혼합조직을 갖는 2상 스테인레스강의 기계적 성질은 두 상의 혼합특성 때문에 오스테나이트 스테인레스강이 나타내는 내식성과 연성, 페라이트 스테인레스강이 나타내는 강도 특성을 지니고 있다고 보고되고 있지만<sup>16-18)</sup> 오스테나이트상이 변형에 의하여 마르텐사이트로 변태하는 Trip 현상도 중요한 변수로 작용 한 것으로 생각된다.

따라서 본 실험에서는 Trip 현상은 오스테나이트의 안정도에 의하여 지배되고 오스테나이트의 안정도는 변형온도에 영향을 받는다는 관점에서, 변형온도가 인장성질에 미치는 영향을 조사 한 다음 마르텐사이트 함량과 인장성질과의 관계를 규명하였고, 합금원소로 첨가한 Mn의 함량변화가 인장성질에 미치는 영향을 조사하였다.

#### 3.1. 현미경조직 관찰

스테인레스강에서 Mn은 오스테나이트의 형성 원소로서 Ni당량 증가에 기여하고 있다. Fig.1은 Ni당량과 Cr당량 변화에 따른 페라이트와 오스테나이트상의 존재 영역을 나타낸 것으로서, 본 시료의 조성 범위에서는 페라이트와 오스테나이트 2상 혼합조직을 갖는 것으로 나타났다.

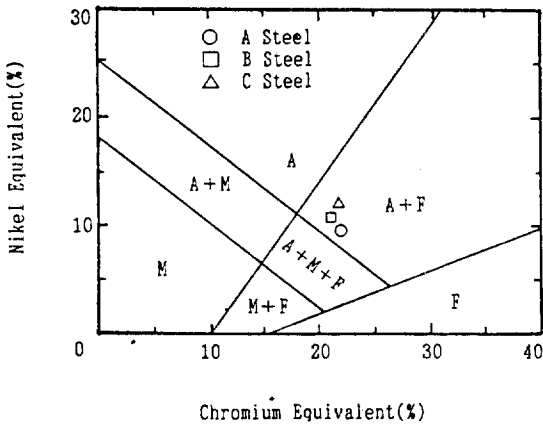


Fig. 1. Constitution of stainless steels<sup>19)</sup>.

Photo 1은 Table 1에 나타난 바와 같이 Mn의 함량이 다른 A, B 및 C 시료를 1020°C에서 20분 유지 후 수냉 하였을 때 얻은 광학현미경 사진으로서, A, B 및 C 강 모두 페라이트와 오스테나이트의 2상 혼합조직으로 이루어져 있음을 알 수 있다.

본 사진에서 희게 나타난 조직이 오스테나이트상이고 약간 검게 나타난 상이 페라이트상으로서 페라이트는

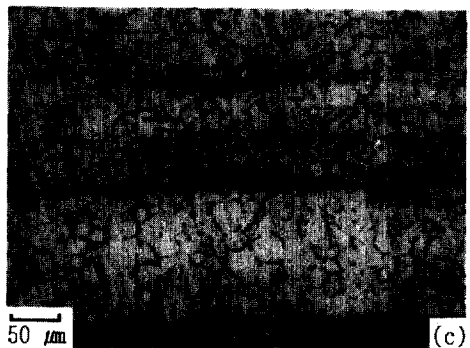
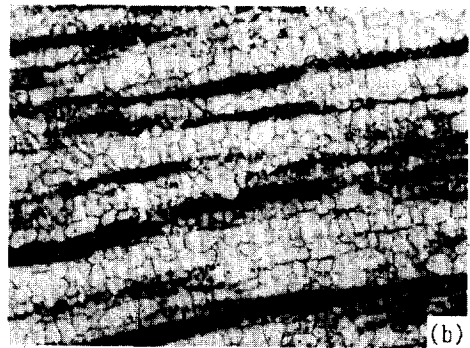
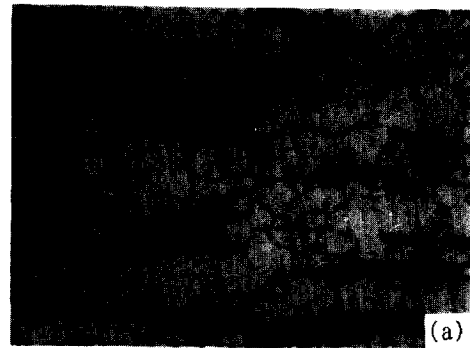


Photo 1. Optical micrographs of Fe-Cr-Ni-Mn Stainless steels.  
(a) A Steel (b) B Steel (c) C Steel.

간혹 분산되어 있기도 하지만 주로 화이버(fibrous) 형태로 존재하고 있고, 오스테나이트는 결정입내에 쌍정이 포함되어 있다.

또한 Mn 함량이 증가함에 따라서 페라이트의 체적분율이 낮아지고 있음을 알 수 있다.

본 시료의 경우 함유되고 있는 페라이트의 체적분율은 X-선 회절법으로 측정하여 분석한 결과 A 시료가 39%, B 시료가 34%, C 시료가 30%로 나타났다.

Photo 2는 페라이트와 오스테나이트의 2상 혼합조직을 갖는 C 시료를  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 인장변형 하였을 때 변태유기 생성된 마르텐사이트를 변형량에 따라서 나타낸 주사전자현미경 사진이다. 이 사진에서 알 수 있는 바와 같이 변형량이 20%인 사진 (a)에서는 전체 오스테나이트중 일부 오스테나이트에서 변태유기 마르텐사이트가 교차로 생성되어 있거나 또는 특정 방향으로 생성되어 있음을 알 수 있다. 변형량이 50%인 사진 (b)에서는 사진 (a)에서보다는 많은 오스테나이트의 영역에

서 다량의 마르텐사이트가 생성되어 있음을 알 수 있다.

이상의 현미경조직 사진에서 알 수 있는 것은 변형량의 증가에 따라서 변태유기 생성되는 마르텐사이트의 양도 증가하고 있음을 알 수 있고 이러한 특성이 인장성질에도 영향을 미칠 것으로 판단된다.

### 3.2. 인장성질과 변형온도와의 관계

상온에서 준안정 오스테나이트 조직을 갖는 강은 소성변형에 의하여 오스테나이트가 마르텐사이트로 변태하는 Trip 거동을 나타내기 때문에 이러한 강의 기계적 성질은 변태유기 마르텐사이트의 생성기구 및 양과 밀접한 관계가 있다고 알려져 있다<sup>1-7,20)</sup>.

한편 페라이트와 오스테나이트가 혼합된 2상 스테인레스강의 기계적 성질은 페라이트와 오스테나이트상의 성질을 반영하면서도 주로 페라이트상에 지배된다고 알려져 있지만<sup>22)</sup> Photo 2에서 알 수 있는 바와 같이 오스테나이트상이 변형에 의하여 마르텐사이트로 변태하고 변형량에 따라서 마르텐사이트량도 달라지고 있기 때문

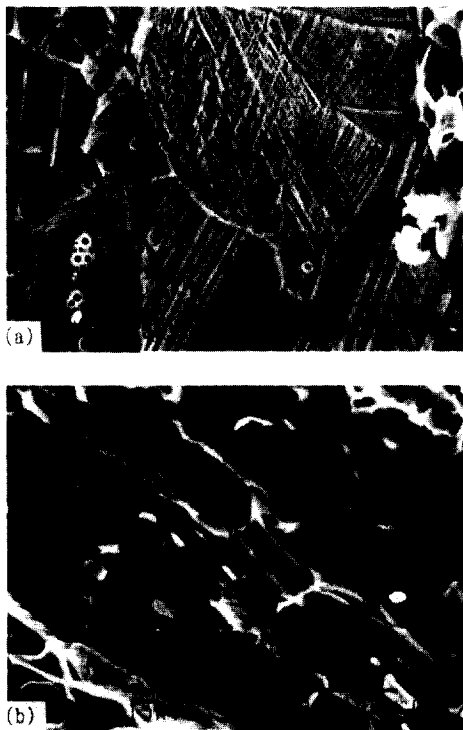


Photo 2. SEM micrographs of martensite obtained by tensile deformation at  $-20^{\circ}\text{C}$  of C steel. (a) 20% Strain (b) 50% Strain.

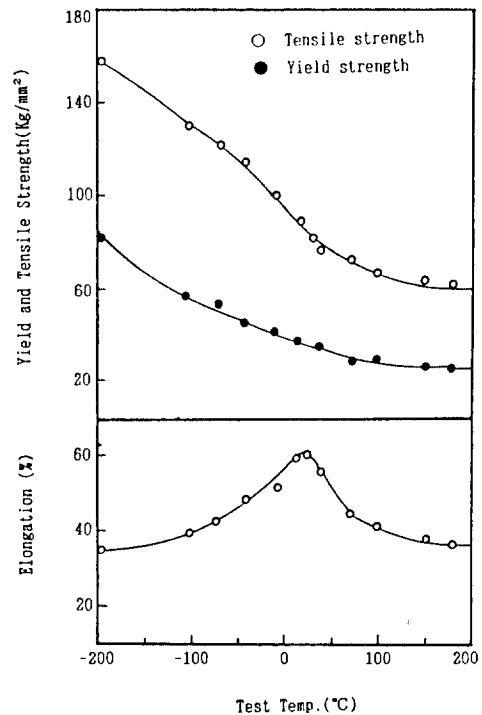


Fig. 2. Effect of test temperature on the tensile properties of A steel.

에 이러한 거동은 변형온도에 따라서 달라질 것으로 판단된다. 따라서 변형온도 변화에 따른 인장성질을 조사하였다.

Fig. 2는 페라이트와 오스테나이트가 혼합된 A 시료를  $-196^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 의 온도범위에서 인장시험 하였을때 항복강도, 인장강도 및 연신율의 변화를 변형온도에 따라서 나타낸 것이다.

인장강도는 온도 감소와 함께 서서히 증가하다 최대 연신율을 나타내는 온도 부근에서부터 급격히 증가하고 있으며, 항복강도 역시 인장강도와 비슷한 거동을 나타내고 있다. 연신율은 고온과 저온에서는 낮고  $20^{\circ}\text{C}$  부근에서 최대값을 나타내는 특이한 양상을 나타내고 있다.

이와같이 변형온도에 따라서 인장강도가 변화하고, 연신율의 변화가 특이한 양상을 나타내며 특정온도에서 최대값을 갖는 이유는 변형온도에 따라서 오스테나이트의 안정도가 달라지는데 기인되어 변태유기되는 마르텐사이트의 생성기수와 그 양이 달라지기 때문이라고 생각된다<sup>1-6,11)</sup>.

또한 고온에서 저온으로 시험온도가 낮아짐에 따라 최대 연신율을 나타내는 온도까지는 강도와 연신율이 함께 증가하는 특이한 현상이 관찰되지만 최대 연신율을 나타낸 이후에는 연신율 감소와 더불어 인장강도가 급격히 증가하고 있다. 이러한 현상을 나타내는 원인도 변형온도에 따라서 오스테나이트의 안정도가 달라지는데 있다고 생각된다. 따라서 저온영역에서 강도가 높고 연신율이 낮은 이유는 저온에서는 오스테나이트의 안정도가 낮아 이 재료내에 약 50%정도 존재하고 있는 오스

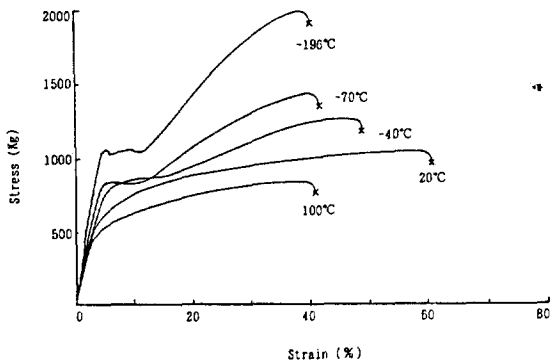


Fig. 3. Stress-strain curves obtained by the tensile testing at various temperature of A steel.

테나이트의 대부분이 변형 초기에 급격히 마르텐사이트로 변태되어 강도와 연신율을 지배하기 때문이고 고온영역에서 강도가 낮고 연신율이 낮은 이유는 오스테나이트의 안정도가 높기 때문에 변형의 최종 단계에서도 마르텐사이트의 생성량이 작아 페라이트와 오스테나이트상 자체가 강도와 연신율을 지배하기 때문이라고 생각된다<sup>1,2)</sup>.

이와같은 현상을 좀더 상세히 규명하기 위하여 여러 온도에서 인장변형 할때 얻어진 응력-변형률 곡선을 조사하였다.

Fig. 3은 A 시료를 여러 온도에서 인장시험 하였을때 얻은 응력-변형률 곡선을 나타낸 것이다.

$20^{\circ}\text{C}$ 와  $100^{\circ}\text{C}$ 에서 얻은 곡선은 포물선 형태를 나타내고 있는데 반하여 저온으로 내려감에 따라서 곡선의 형태가 달라지고 있다. 즉  $-40^{\circ}\text{C}$ 에서는 S 곡선 모양을 나타내고  $-70^{\circ}\text{C}$ 에서는 변형의 초기 단계에 응력저하 현상이 나타나며  $-196^{\circ}\text{C}$ 에서는 두번에 걸쳐 응력저하 현상이 나타나고 있음을 알 수 있다.

이와같은 현상은  $20^{\circ}\text{C}$ 와  $100^{\circ}\text{C}$ 의 경우에는 오스테나이트의 안정도가 높아 변형의 최종 단계에서도 변태유기생성되는 마르텐사이트량이 적기 때문이고 저온으로 내려 갈 수록 응력저하 현상이 나타나는 이유는 응력을 많이 받는 오스테나이트상이 항복을 일으킨 직후 마르텐사이트로 변태되기 때문에 응력완화 현상이 일어난다, 또한 변형의 초기단계에서 많은 마르텐사이트가 급

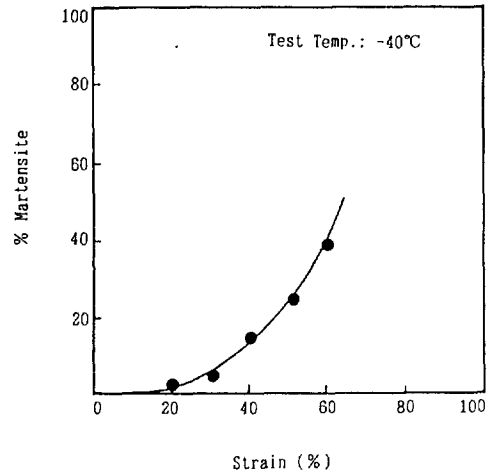


Fig. 4. Relation between martensite percent and tensile strain of C steel.

격히 생성되기 때문이라고<sup>6-11)</sup> 생각된다.

이상의 결과로부터 페라이트와 오스테나이트의 2상 혼합조직을 갖는 스테인레스강의 인장성질은 변형온도에 따라 달라지고 있음을 알 수 있다. 따라서 변형온도 변화에 따른 인장성질과 마르텐사이트량과의 관계를 조사하였다.

3.3. 인장성질과 변태유기 마르텐사이트량과의 관계

Fig.4는 C 시료가 최대 연신을 나타내는 온도 부근인 -40°C에서 인장변형 시켰을때 변형량에 따른 마르텐사이트량을 나타낸 것으로서 30% 변형까지는 변태유기 생성되는 마르텐사이트의 량이 5% 이하로 적고 그 이후에는 변형량의 증가와 함께 빠른속도로 증가하며 과단된 후에는 마르텐사이트의 량이 38%이 었다.

이 결과로부터 높은 연신율을 얻기 위해서는 오스테나이트가 마르텐사이트로 변태하기 이전에 변형량이 충분히 많아야 하고 그 후 변형량의 증가와 더불어 마르텐사이트가 점진적으로 서서히 생성되어야 한다는 것을<sup>23)</sup> 알 수 있다.

Fig.5, Fig.6은 오스테나이트의 함량이 61%인 A 시료와 70%인 C 시료를 -100°C~100°C의 온도 범위에서 인장시험 하였을때 얻은 인장강도와 마르텐사이트량과의 관계를 나타낸 것이다.

A 및 C 시료 모두 변형온도가 낮아짐에 따라서 인장강도와 마르텐사이트량이 증가하고 있음을 알 수 있다.

Fig.7은 Fig.5 및 Fig.6에서와 같은 동일한 조건에서 시험하였을 때 얻은 인장강도를 마르텐사이트량에

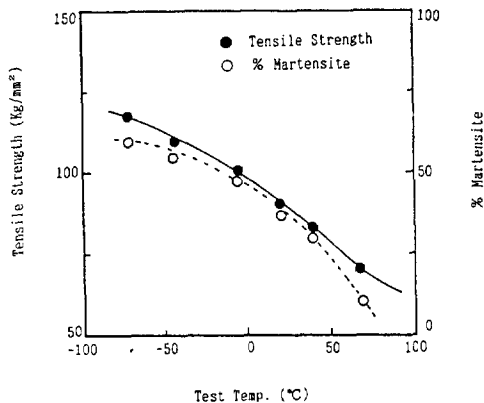


Fig. 5. Tensile strength and percent martensite as a function of testing temperature in A steel.

따라 나타낸 것이다. 두 시료 모두 변태유기 생성된 마르텐사이트량이 증가함에 따라 인장강도가 직선적으로 증가하고 있다. 이 결과에서, 본 시료의 인장강도는 변태유기 생성되는 마르텐사이트량에 의하여 지배된다는 것을 알 수 있다.

Fig.8은 A 및 C 시료의 연신율과 마르텐사이트량과의 관계를 나타낸 것으로서 두 시료 모두 마르텐사이트량의 증가와 함께 연신율이 증가하다 마르텐사이트의 량이 A 시료의 경우에는 35%, C 시료의 경우에는 39%정도에서 최대값을 나타낸 후 감소하고 있다. 이 양은 A 및

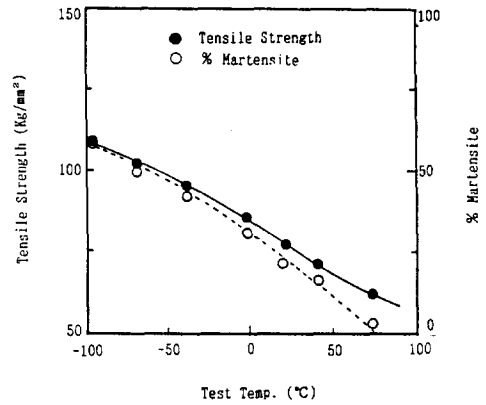


Fig. 6. Tensile strength and percent martensite as a function of testing temperature in C steel.

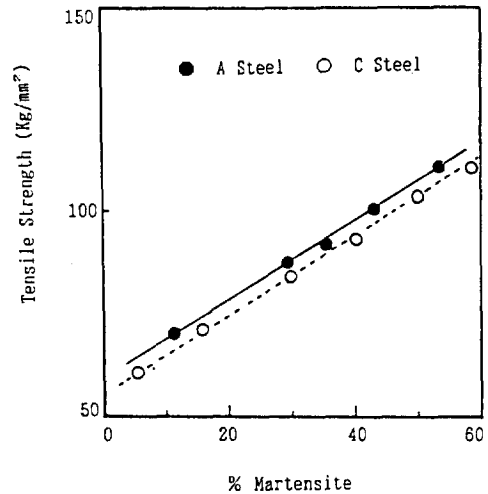


Fig. 7. Tensile strength as a function of percent martensite in A and C steels.

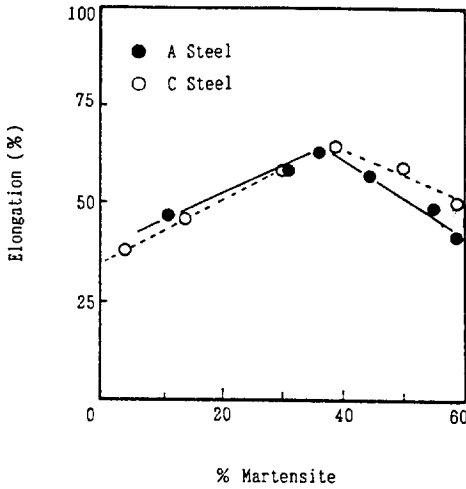


Fig. 8. Relation between percent martensite and elongation in A and C steel.

C 시료 모두 전체 오스테나이트량 중 약 56%정도가 변형된 것이다.

오스테나이트 단상 조직을 갖는 시료의 경우 최대 연신율이 나타나는 온도에서 변태유기 생성되는 마르텐사이트의 량은 40~60%범위라고 보고<sup>1)</sup>를 하고 있다.

본 실험에서와 같이 페라이트와 오스테나이트가 혼합되어 있는 스테인레스강에서 A와 C 시료 모두 오스테나이트의 56%정도가 변형에 의하여 마르텐사이트변태된 것을 고려하면 앞에서 언급한 오스테나이트 단상 조직에서 변태유기 생성된 마르텐사이트량의 범위에 속한다. 따라서 본 실험에서 처럼 60~70%의 오스테나이트를 함유한 2상 스테인레스강에서도 인장성질은 오스테나이트가 마르텐사이트로 변태하는 Trip 현상에 지배되고 있음을 알 수 있다.

### 3.4. 인장성질에 미치는 Mn 함량 변화의 영향

앞에서 페라이트와 오스테나이트가 혼합된 2상 스테인레스강의 인장성질은 오스테나이트의 안정도에 영향을 미치는 인자인 변형온도에 의해 크게 지배되고 있음을 알 수 있었다. 따라서 본 실험에서는 Mn도 오스테나이트의 안정도에 영향을 미칠것으로 판단되어 Mn의 함량변화가 인장성질에 미치는 영향을 조사하였다.

Fig. 9는 Mn의 함량을 달리한 A, B 및 C 시료를 -196°C~200°C의 온도범위에서 인장시험 하였을때 인장강도 변화를 변형온도에 대하여 나타낸 것이다.

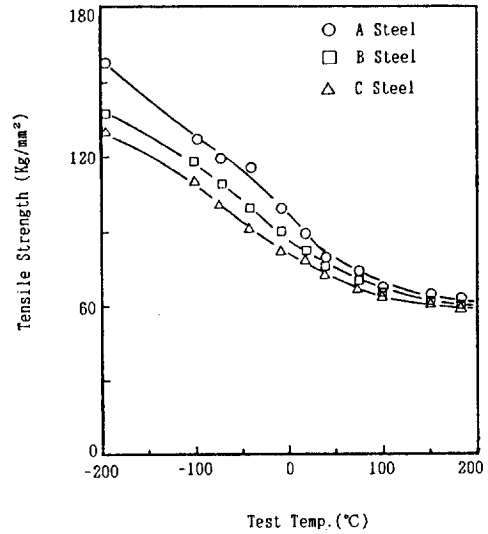


Fig. 9. Effect of Mn on the tensile strength obtained at various temperature in Fe-Cr-Ni-Mn stainless steels.

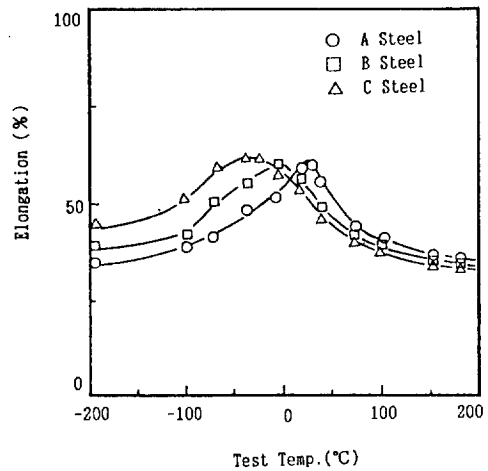


Fig. 10. Effect of Mn on the elongation obtained at various temperature in Fe-Cr-Ni-Mn stainless steels.

A, B 및 C 시료 모두 변형온도 감소와 함께 인장강도가 증가하고 있음을 알 수 있고 Mn의 함량이 증가 할수록 인장강도는 낮게 나타났다.

Fig. 10은 Fig. 9에서의 동일한 조건 하에서 얻어진 연신율을 변형온도에 따라 나타낸 것이다.

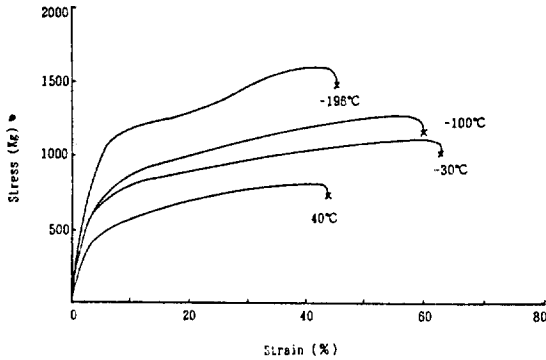


Fig. 11. Stress-strain curves obtained by tensile testing at various temperature in C steel.

이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 Mn 함량이 증가함에 따라 최대 연신율을 나타내는 온도가 저온쪽으로, 이동하고 있고 최대 연신율을 나타내는 피크의 폭도 넓어지고 있음을 알 수 있다.

또한 최대 연신율을 나타내는 온도영역을 중심으로 고온쪽에서는 Mn 함량의 증가에 따라 연신율이 낮고 저온영역에서는 연신율이 높게 나타나고 있다.

Fujikura 등<sup>24)</sup>은 오스테나이트 단상 조직을 갖는 합금에서 Mn의 증가는 인장강도와 연신율을 낮춘다는 보고를 하였지만 본 실험에서는 Mn이 증가함에 따라서 인장강도는 낮고 연신율은 고온영역에서는 낮고 저온영역에서는 높게 나타났다.

Fig. 9와 같이 Mn이 증가함에 따라서 인장강도가 감소하는 현상은 마르텐사이트변태 개시 온도인  $M_s$ 점과 소성변형에 의해 오스테나이트가 마르텐사이트로 변태하는 온도인  $M_d$ 점이 낮아짐에 따라 오스테나이트의 안정도가 증가하는데 원인이 있다.

한편 Mn 함량 증가에 따라 연신율이 고온영역에서 낮고 저온영역에서 높게 나타나며, 최대 연신율을 나타내는 온도가 저온쪽으로 이동하면서 피크의 폭도 넓어지는 원인은 Mn 함량이 증가함에 따라  $M_d$ 점이 낮아지는 정도가  $M_s$ 점이 낮아지는 정도에 비하여 적어서  $M_d$ 점과  $M_s$ 점 사이의 구간이 넓어지기 때문에 변태유기소성을 일으킬 수 있는 기회가 많아지기 때문이라고 생각된다.

Mn 함량의 변화가 인장성질에 미치는 영향을 상세히 알아보기 위하여 Mn 함량이 8%인 C 시료를 여러 온도에서 인장변형 하였을때 얻은 응력-변형률 곡선을 Fig. 11에 나타 내었다. Mn 함량이 4%인 A 시료(Fig.

3)에서는  $-40^{\circ}\text{C}$ 에서부터 곡선의 모양이 S곡선 형태를 나타내고 있는데 반하여 Mn이 8% 첨가된 C 시료에서는 S곡선의 모양이  $-196^{\circ}\text{C}$ 에서 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 A 시료의 경우  $-196^{\circ}\text{C}$ 에서는 응력 저하가 2회에 걸쳐 일어나고 있지만 C 시료의 경우에는 응력저하 현상이 나타나지 않고 있다.

이와 같은 현상은 Mn이 첨가됨에 따라서  $M_s$ 점과  $M_d$ 점이 낮아지지만  $M_d$ 점이 낮아지는데 비하여  $M_s$ 점이 낮아지는 정도가 크기 때문에 동일온도에서 C 시료의 경우가 A 시료의 경우보다 오스테나이트의 안정도가 높기 때문이라고 생각된다.

#### 4. 결 론

페라이트와 오스테나이트의 혼합조직을 갖는 Fe-19%Cr-5%Ni-4~8%Mn 스테인레스강의 인장성질에 미치는 변형온도와 Mn 함량변화의 영향을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 페라이트와 오스테나이트가 혼합된 2상 스테인레스강의 인장강도는 변형온도 감소와 함께 증가하였고, 연신율은 변형온도 감소와 함께 증가하다 특정 온도에서 최대값을 나타낸 후 감소하였다.

2) 2상 스테인레스강에서 인장성질은 본 실험 범위의 오스테나이트 함량에서는 Trip 성에 의해 지배되고 있음을 알 수 있다.

3) 인장강도는 Mn 함량이 증가함에 따라서 감소하였다.

4) Mn 함량이 증가함에 따라서 고온영역에서는 연신율이 낮고 저온영역에서는 높게 나타났다. 또한 Mn이 증가함에 따라서 최대 연신율을 나타내는 온도는 저온쪽으로 이동하고, 피크폭도 크게 나타났다.

#### 참고 문헌

1. Y.Fukas, K.Ebato, N.Okubo and S.Murao : Trans. ISIJ, 8 (1968), 311.
2. J.P.Bressanelli, A.Moskowitz : Trans. ASM, 59 (1966), 233.
3. 深瀬, 江波戸, 大久保, 村尾 : 日本金屬學會誌, 32 (1968), 38.
4. F.Abrassart, F.Lecroisey, A.Pineau : Mem.



- Sc. Rev. Met., 66 (1969), 805.
5. G.P. Sandevson, D.T. Llewellyn : JISI, 207 (1969), 1129.
6. I. Tamura, T. Maki, H. Hato : Trans. ISIJ, 10 (1970), 163.
7. I. Tamura, T. Maki, H. Hato, Y. Tomota, M. Okada : Proc. of 2nd Int. Conf. on the strength of Metals and Alloy. at Asilomar (1970), 901.
8. E. Scheil : Zeit. Anorg. Allgen., 27, (1932), 21.
9. 平山, 小切間 : 日本金屬學會誌, 34, (1970), 507.
10. B. Cina : Acta Met., 6 (1958), 748.
11. H.M. Ohe : Acta Met., 5, (1957), 614.
12. L. Kauffman and M. Cohen : Trans. AIME, 208 (1956), 1393.
13. J.D. Defilippi, K.G. Bricker and E.M. Gilbert : Trans. Met. Soc. AIME, 245 (1969), 2141.
14. F. Lecroisey and A. Pineau : Met. Trans., 3 (1972), 387.
15. P. Guha and Clack : Duplex Stainless Steels, R. A. Lulaed., ASM. Metal Park, Ohio, 1983 pp. 355-369.
16. H.D. Solomon : "Duplex Stainless Steels," R.A. Lulaed., ASM Metal Park, Ohio, (1983), 41.
17. S.K. Srivastava : "Duplex Stainless Steels," R. A. Lulaed., ASM Metal Park Ohio, (1983), 1.
18. C.H. Sump and G.C. Bodine : "Duplex Stainless Steels," R.A. Lulaed., ASM Metal Park Ohio, (1983), 1. Park, Ohio, (1983), 71.
19. R.L. Miller : Trans. ASM. 57 (1964), 892.
20. Schaeffler, A.L : Met. Prog., Vol. 56, p.680, November 1969.
21. 강창룡, 성장현 : 열처리공학회지 3,2, (1990), 20.
22. H.D. Solomon, T.M. Devine, Jr : "Duplex Stainless Steels," R.A. Lulaed., ASM Metal Park Ohio, 1983, pp. 693-756.
23. K. Nohara, Y. Ono and N. Ohashi : 鐵と鋼, 60 (1974), 317.
24. M. Fujikura, K. Takada and K. Ishida : Trans. ISIJ, 15 (1975), 464.
25. T. Maki, Y. Tomota and I. Tamura : 日本金屬學會誌, 38 (1974), 871.