

# 가공 방법에 따른 스테인리스 강의 인장 특성 Effect of processing method on the tensile behavior of stainless steel

\*이동찬<sup>1</sup>, #백영남<sup>2</sup>, 이경엽<sup>3</sup>

\*D. C. Lee<sup>1</sup>, #Y. N. Paik (ynpaik@khu.ac.kr)<sup>2</sup>, K.Y.Rhee<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 경희대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 경희대학교 기계공학과, <sup>3</sup> 경희대학교 기계공학과

Key words : Stainless steel, tensile test, Centrifugal casting, ring mill, treatment method

## 1. 서론

스테인리스강의 경우 오스테나이트계 스테인리스강에 비해 고온에서 자기확산계수가 크기 때문에 600℃가 넘는 온도 영역에서 강도가 매우 낮다. Fig. 1 에서 보는 바와 같이 대표적인 페라이트계 스테인리스강 STS430의 고온 인장 강도는 오스테나이트계 스테인리스강의 대표인 STS304에 비해 1/5~1/10 수준에 못 미친다.[1] 그러나 이 강의 가격이 비교적 낮고, 내식성, 내응력부식균열성, 내산화성이 우수하기 때문에 주로 박판이나 관, 선의 형태로 가정용품, 자동차, 가전제품, 지붕 등에 널리 사용되고 있다. 또한 열팽창률이 낮고 내열피로성이 우수하기 때문에 자동차 배기계에 많이 사용되고 있으며, 고온항복강도를 향상시키기 위해 여러 원소를 첨가하는 연구가 이루어지고 있으며, 가격이 비교적 싼 소재를 사용하여 우수한 성질을 발현시키려고 연구하고 있다.[2~4]

이러한 연구들 중에서 등지나 이물질이 적고, 주조응력이 적게 발생하는 원심주조 방법이 제안되었고[5], 이 방법의 특성 상 제품의 높이나 폭이 제한되기 때문에 원심주조법에 링밀 공정을 추가하는 방법이 제안되고 있다. 그러나 이 방법의 경우 제품의 크기에 따라 장비의 크기가 같이 커져야 하며, 이에 따라 생산을 위한 공간도 커져야 하는 등의 문제점이 있다. 또한 이 방법으로 주조된 제품의 경우 생산 단가가 높다는 단점 역시 갖고 있다. 그래서 이를 대신할 방법으로 제시하는 것이 원심주조법에 단조를 첨가하는 방법이다.

단조 공정의 경우 제품에 열과 압력에 의한 직접적인 충격을 가하기 때문에 조직의 변형이나 손상이 예상된다. 그래서 본 논문에서는 원심주조, 원심주조+단조, 원심주조+링밀 이렇게 세 가지 방법을 통해 주조된 스테인리스강의 인장특성을 상온과 750℃에서 비교해보고 그 성능의 차이를 비교해 보고자 한다.

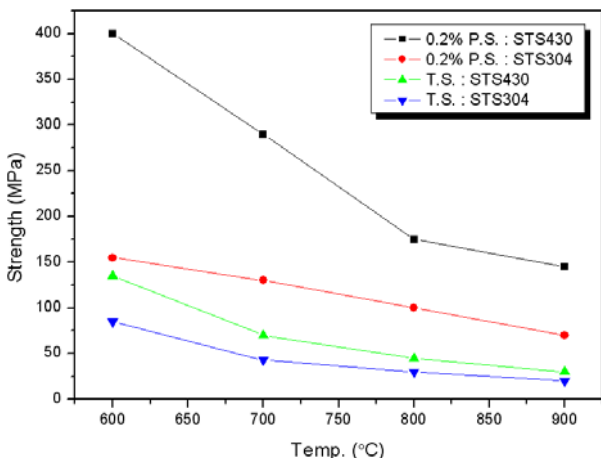


Fig. 1 Comparison of tensile strength (STS340 and STS304)

## 2. 실험 재료 및 실험방법

### 2.1 실험 재료

실험에 쓰인 재료는 10 Cr-Mo-V-Nb-N 스테인리스강으로써 페라이트계 내열강으로 화학 조성비는 다음 Table. 1과 같다.

Table. 1 Chemical composition of specimen (wt%)

원소	성분비 (wt%)
C	0.10 ~ 0.16
Mn	0.30 ~ 1.00
Si	0.20 ~ 0.60
Cr	8.5 ~ 11.0
Mo	0.80 ~ 1.10
V	0.17 ~ 0.25
Nb	0.05 ~ 0.10
N	0.09 Max
Ni	0.03 ~ 0.70
P	0.020 Max
S	0.010 Max

위와 같은 소재를 이용하여 ASTM E399 [6] 규격에 따라 C-R 방향으로 바깥쪽, 중간, 안쪽 부분과 R-C 방향 총 4부분에 대해 시편을 채취하여 제작하였으며, 다음 Fig 2와 같은 형상으로 제작하였다.

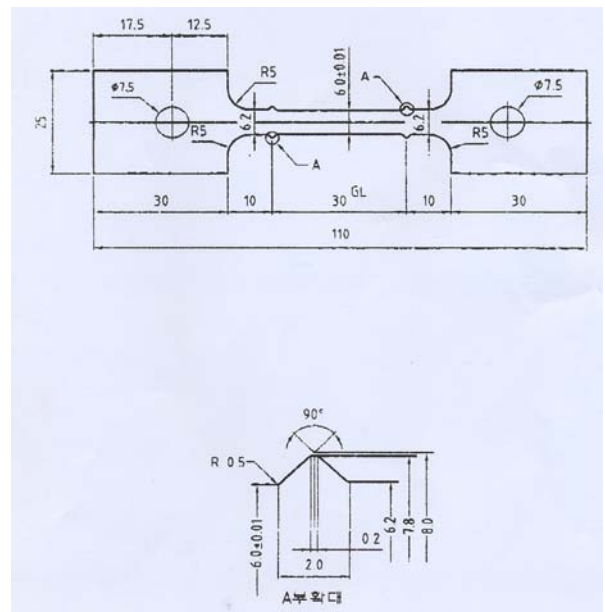


Fig. 2 Drawing of tensile specimen

### 2.2 실험 방법

상온은 KS B 0802 [7], 750℃는 KS D 0026 [8]의 규격에 맞춰 0.2 mm/min의 속도로 시험편에 인장하중을 가하였으며, 여기에서 구해진 데이터를 이용하여 항복강도, 인장강도, 연신율을 측정하였다.

### 3. 실험결과

시편 채취 방향에 따른 강도의 차이는 Fig. 3 에서 보는 것과 같이 거의 차이가 없으므로 등방성 재료로 보아도 무방하기에 그 평균치를 데이터로 한다. 그 값은 Table. 2와 같다.

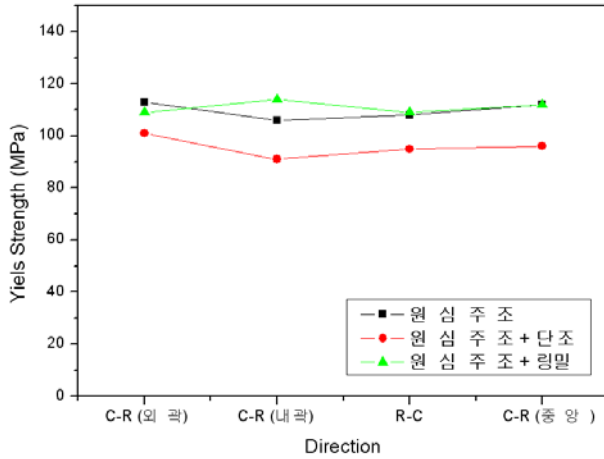


Fig. 3 Comparison of yield strength (750°C)

Table. 2 Test data

주조방법	온도	내 력 (MPa)	인 장 (MPa)	연 신 율 (%)
원심주조 A	상온	696	818.25	11.75
	750°C	109.75	130.75	27.25
원심주조 + 단조 B	상온	664.25	798.75	13
	750°C	95.75	120	33.13
원심주조 + 링밀 C	상온	678.25	815.75	14.75
	750°C	111	135.5	28.25

우선 원심주조의 방법은 A, 원심주조+단조의 방법은 B, 원심주조+링밀의 경우는 C로 표기하겠다

실제 A의 경우는 비교 대상이 아니라 기준 데이터이기 때문에 B와 C의 경우를 비교해 보면, 상온에서 링밀 공정이 첨가된 경우에 14 MPa 정도의 강도가 더 크게 나왔으며 C의 방법을 기준으로 보면 단조 공정이 추가된 B의 경우 소재가 97.94%의 성능을 보이고 있다. 고온의 경우 C의 경우가 가장 좋은 강도를 보이고 있는데, 상온에서의 값들과 비교를 해보면 감소폭이 가장 작은 것은 C 방법이며, 그 폭이 가장 큰 것은 B 방법이다. C 방법을 기준으로 하여 비교해본 B의 성능은 86.3%이다.

연신율의 경우 일반적으로 강도가 감소하면 증가하는 경향을 보이는데, 이 소재 역시 일반적인 경향을 따르고 있다. B와 C의 경우에는 상온에서는 같은 연신율을 갖고 있으나 고온에서는 B의 방법에서 높은 연신율을 보이며, C의 경우는 상온에서 연신율이 오히려 작았던 A의 방법 보다 고온에서는 더 작은 연신율을 보이고 있다. 조직의 구조 측면에서 봤을 때, 공정의 특정 상 B의 공정은 단조 공정을 통해 가해진 압력과 열이 소재 내부의 변화를 가져와서 상대적으로 불안정한 상태를 유지하고 있음을 예상할 수 있으며, 링밀이 첨가된 공정은 고온에서 안정한 상태를 유지하고 있다는 것을 예상할 수 있다. C 경우는 상온에서 연신율이 오히려 작았던 A의 방법 보다 고온에서는 더 작은 연신율을 보이고 있다.

### 4. 결론

시편 채취 방향에 따른 강도 변화와 주조 방법에 따른 강도의 변화, 온도 조건에 따른 강도의 변화에 대해 비교해 보았다. 그 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

(1) 시편 채취 부위 별로 강도의 차이를 크게 보이지 않으므로, 위의 소재는 등방성 재료라고 판단해도 무방하다.

(2) 가공 방법에 따라 분석해본 결과 시편 채취 방향에 따라 전체적으로 강도의 편차가 크지 않은 것은 상온에서는 A 방법의 경우가 해당되며, 고온에서는 B와 C가 강도의 편차가 크지 않고 고르게 나타나고 있음을 알 수 있다.

현재 가장 의미가 있는 750°C에서의 강도를 살펴보면, C 방법의 강도를 100%로 봤을 때 B의 강도 비교는 다음의 Table. 3와 같다.

Table. 3 Comparison of test data

온도	항복강도	인장강도
750°C	86.3%	88.6%

(3) 온도에 따라 강도 변화를 살펴보면 강도의 변화가 가장 큰 것은 B 방법으로 시료를 제작했을 경우이며, 연신율 역시 B의 경우에 가장 큰 폭으로 상승하였다. 이는 제조 공정상 단조라는 작업이 첨가되면서 소재 내부에 변화를 일으켰기 때문이라 생각되며, 고온 상태에서 같은 힘을 받더라도 B의 경우에는 소재의 변형이 더 크다는 것을 말한다. 위의 소재를 이용한 설계 시 이러한 부분이 충분히 고려되어야 한다.

### 후기

본 연구에 시료를 제공해 주신 터보테크(주)에 감사의 말씀을 드립니다.

### 참고문헌

1. 김복순, 고온재료, 인하대학교 출판부 pp. 167
2. 안재천, 이경섭, 대한금속재료학회지, "Nb 첨가 페라이트계 스테인리스강의 고온강도에 미치는 시효처리의 영향", 제 42권4호, pp.338-343, 2004
3. 유도열, 이수찬, 강정윤, 대한금속재료학회지, "Type 304 스테인리스 강관의 Ni 함량 변화에 따른 굽힘 피로수명 예측에 관한 연구", vol 42, No 7, pp. 552- 560, 2004
4. P. Haudrech, J. Foussereau, B. Mantout B. Baroux, Contact Dermatitis, "Nickel release from nickel-plated metals and stainless steels", Vol 31, Issue 4 pp. 249-255, 1994
5. Wenjun Xi, Sheng Yin, Shiju Guo, Hoyi Lai, Journal of Materials Science, "Stainless steel lined composite steel pipe prepared by centrifugal-SHS process", Vol35, No 1, pp. 45-48, 2000
6. E 399-90 (Reapproved 1997), "Standard Test Method for Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials"
7. KS B 0802 (금속재료 인장 시험 방법)
8. KS D 0026 (금속 재료 - 고온 인장 시험)