

0.19C – 1.17Cr 강의 냉간인발조직과
기계적 성질

(주) 기아특수강 금속기술연구소

신정호, 장병록

0.19C-1.17Cr강의 냉간인발 조직과 기계적 성질

신정호 · 장병록

The Micorstructure and Mechanical Property of 0.19C-1.17Cr Steel with Cold Drawing

J. H. Shin and B. L. Jang

Abstract

The micorstructure and mechanical property of 0.19C-1.17Cr steel were investigated with cold drawing. This commercial steel has the microstructure that is consist of ferrite and pearlite. The tensile and yield strength are increased as the reduction ratio of cold drawing is increased. It was clear that mechanical properties could be improved by combination of the heat treatments and reduction ratio. Yield strength, tensile strength, and impact value were formulated as a constitutive function of cold drawing ratio, respectively.

Key Words : Cold Drawing, Mechanical Property, Microstructure, Reduction Ratio

1. 서 론

냉간인발은 드로오벤치를 이용해 경사진 구멍을 가진 다이를 통하여 소재를 당겨 단면적을 감소시키고 원하는 단면을 얻고자 하는 가공법이다. 냉간인발시 소재의 품질에 영향을 미치는 인자로는 인발비, 다이의 모양, 재료의 유동응력, 마찰 등을 들 수 있다. 여러 가지 인자 중에서 인발비가 소재의 기계적 성질에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 판단하고 있다.

생산현장에서 압연과 인발에 따른 수율과 생산성은 고객의 기계적 성질과 표면 요구 규격에 크게 의존한다. 기계적 성질의 예측은 인장곡선의 해석으로 어느 정도 가능하나 소재의 상태, 인발속도, 인발비 등의 인발조건이 기계적 성질에 미치는 효과를 설명하기는 어렵다.

본고에서는 0.19C-1.17Cr 강을 이용해 냉간인발시 인발비 변화에 따른 소재의 기계적 성질의 변화를 구성식

으로 정량화하고자 하였다. 또한 소재상태의 영향도 함께 분석하였다.

2. 실험방법

0.19C-1.17Cr 강은 표1과 같은 조성을 갖는 SCR계 상용 강종이다.

Table 1. Chemical composition of 0.19C-1.17Cr Steel

(wt%)						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.19	0.27	0.82	0.016	0.016	1.17	0.02

0.19C-1.17Cr 강의 압연상태 및 노발라이징 열처리를 실시한 후 표 2와 같은 조건으로 인발비(reduction ratio,

* 기아특수강 금속기술연구소

RR)을 변화시켜 냉간인발을 실시하였다. 냉간인발후 샘플링 하여 각각의 조건에 대해서 인장, 경도 및 충격 시험을 실시하여 기계적 성질 변화를 정량화하고 냉간인발에 따른 조직변화를 관찰하고자 하였다.

Table 2. The drawing conditions of 0.19C-1.17Cr steel

D _m	D _{out}	RR(%)	Ref.
41.80	40.06	8.15	normalized
42.33	40.06	10.44	normalized
42.33	40.06	10.44	as-rolled
43.31	40.06	14.44	normalized
43.31	40.06	14.44	as-rolled
44.09	40.06	17.45	normalized
44.09	40.06	17.45	as-rolled
44.50	40.06	18.96	normalized
44.50	40.06	18.96	as-rolled

D_m : dia.of as-roll, D_{out} : dia. after drawing

3. 실험결과

3.1 기계적성질의 변화

그림 1과 2는 0.19C-1.17Cr 강의 항복강도(YS)와 인장강도(TS)의 변화를 그린 것이다. 소재는 압연상태와 노말라이징 상태로 구분되나 YS와 TS 값 자체는 같은 인발비(RR)에서 거의 유사하게 얻어지고 있다. 인발비의 증가는 냉간인발중 소성변형을 발생시켜면서 가공경화가 이루어진다. 그림 1의 항복강도곡선은 거의 인장곡선의 형태를 보여주고 있다. 이는 단축 인장시험에서 가공경화와 변형시효의 균형을 연상하게 하는 것이다. 즉 냉간인발에 의한 가공후 다시 인장시험한 결과가 되는 것이다. 반면 TS는 가공경화 효과가 크게 얻어지는 것으로 판단된다.

연신율(EL) 및 단면감소율(ROA)과 인발비의 관계는 그림 3, 4에 나타내었다. EL은 압연상태와 노말라이징상태에서는 35%내외 수준을 나타내지만 인발비가 10%가 되면 25%수준으로 낮아지고 인발비가 20%에 이르면 20%수준에 이르는 것을 확인할 수 있다. 인발이라는 가공특성을 고려할 때 단순 일축인장의 경우보다는 나은 것이라 하겠다. 한편 ROA은 72~66% 범위에서 인발비의 증가에 따라 점차 감소하는 형태를 확인할 수 있다. 두 특성 면에서는 노말라이징재가 상대적으로 우수한 것을 알 수 있다.

한편 0.19C-1.17Cr 강의 충격특성은 노말라이징재가

상대적으로 유효한 값을 보여주고 있다. 그림 5에서 확인되는 바와 같이 인발비가 20% 증가함에 따라 노말라이징재는 약 19 kgfm/cm²이고 압연재는 약 13 kgfm/cm²로 차이를 뚜렷하게 보여주고 있다. 압연재는 노말라이징재에 비해 불균일하고 경한 조직이 혼재하여 낮은 충격값이 얻어지는 것으로 판단된다.

인발재의 각 조건에서 표면에서 내부까지의 단면경도 분포를 압연재는 그림 6에서 노말라이징재는 그림 7에 나타내었다. 경도는 소재상태에 크게 의존하지 아니하고 인발비의 영향을 비례적으로 받았다. 그러나 단면 경도의 분포는 변화가 작아 설명하기가 어려웠다.

각 조건에서의 인장 및 충격시험 데이터를 정리하여 현장에서 쉽게 적용 가능하도록 가 특성 값을 인발비의 관계를 2차함수로 구성시켜 표 3에 종합하였다. 특성값에 따라 지수함수, 로그함수, 다차함수를 적용하는 것이 바람직할 수도 있다. 일단 0.19C-1.17Cr 강의 단순한 인발조건과 20%까지의 인발비를 전제로 할 때 구성식의 신뢰도는 높게 얻어졌다.

Table 3. The constitutive equation as a function of reduction ratio (x) to mechanical properties

Item	Constitutive Equation	Ref.
YS (kgf/mm ²)	$-0.0929x^2 + 3.2233x + 37.888$	as-rolled
	$-0.0815x^2 + 2.8833x + 40.252$	normalized
TS (kgf/mm ²)	$-0.0075x^2 + 0.8358x + 57.049$	as-rolled
	$-0.004x^2 + 0.8521x + 55.995$	normalized
EL (%)	$0.0321x^2 - 1.362x + 33.773$	as-rolled
	$0.0356x^2 - 1.5292x + 35.655$	normalized
ROA (%)	$-0.0046x^2 - 0.1967x + 70.489$	as-rolled
	$0.0026x^2 - 0.3977x + 71.611$	normalized
IV (kgf · m/cm ²)	$-0.0231x^2 + 0.0588x + 20.481$	as-rolled
	$0.0109x^2 - 0.4114x + 22.669$	normalized

3.2 미세조직의 변화

그림 8은 냉간인발전 미세조직을 나타낸 것으로 노말라이징재가 압연재보다 미세한 결정립을 갖고있음을 알 수 있다. 그림 9는 냉간 인발비 변화에 따른 미세조직 변화를 인발방향에서 관찰한 것으로 인발비가 증가함에 따라 미세한 결정립을 갖게됨을 알 수 있다.

노말라이징재의 경우 인발비가 증가함에 따라 페라이트가 연신되어 밴드조직처럼 나타났는데(그림 9 b, d, f) 그 이유는 다음과 같다. 노말라이징에 의해 페라이트 분율이 압연재에 비해 상대적으로 증가하고, 인발에 의

해 페라이트, 펄라이트 모두 결정립은 인발방향으로 연신 되지만 일반적으로 펄라이트가 강도가 높으므로 동일 가공 량에서는 펄라이트 부분보다는 페라이트 부분이 변형이 크게 받게되어 연신이 용이하게 되기 때문이라고 하겠다.

4. 결론

냉간인발전 소재와 인발비 변화에 따른 0.19C-1.17Cr 강의 인장·충격 특성은 단순한 구성식으로 설명할 수 있었으며, 충격특성은 소재 상태에 크게 의존하였다.

냉간인발비가 증가함에 따라 미세한 결정립을 나타냈다. 특히 노말라이징 열처리에 의해 형성된 페라이트가 인발가공에 의해 인발방향으로 크게 연신되어 밴드조직처럼 나타났다.

참고문헌

- (1) 이동녕 : 소성가공학, 1991, 문운당, pp. 385~413.
- (2) Robert M. Caddell : 'Deformation and Fracture of Solids', 1980, PRENTICE-HALL, INC., pp.92~123

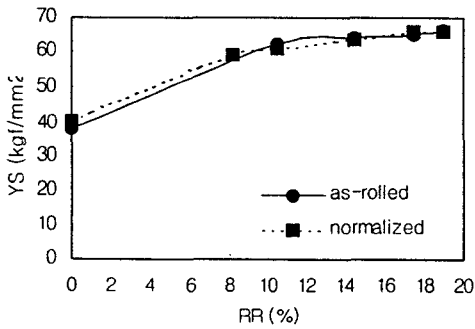


Fig. 1. Dependence of yield strength on reduction ratio

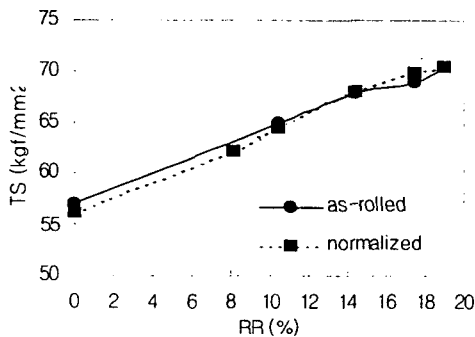


Fig. 2. Dependence of tensile strength on reduction ratio

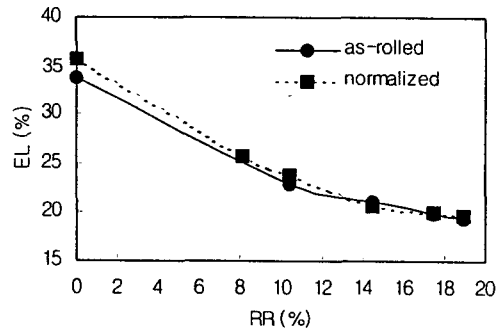


Fig. 3. Relationship between elongation and reduction ratio .

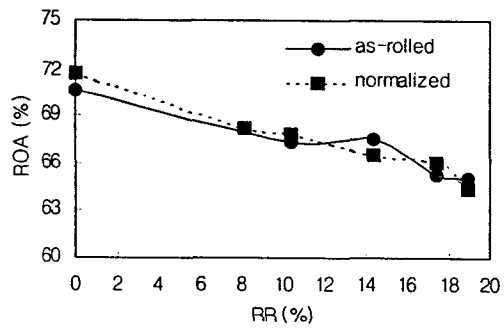


Fig. 4. Relationship between reduction of area and reduction ratio

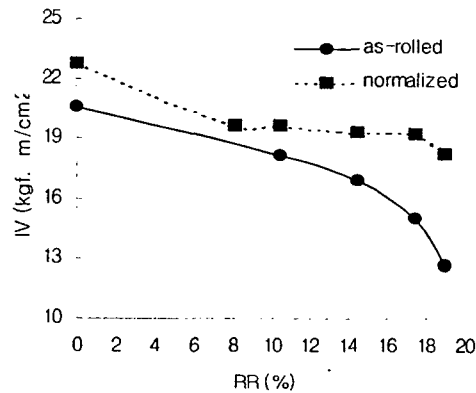


Fig. 5. Impact values as a function of reduction ratio

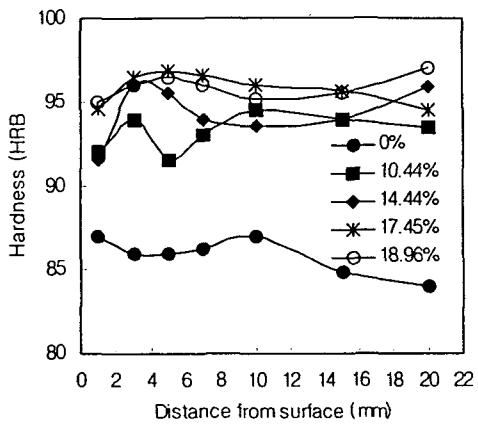


Fig. 6. Hardness variations with distance from the surface in as-rolled 0.19C-1.17Cr steel.

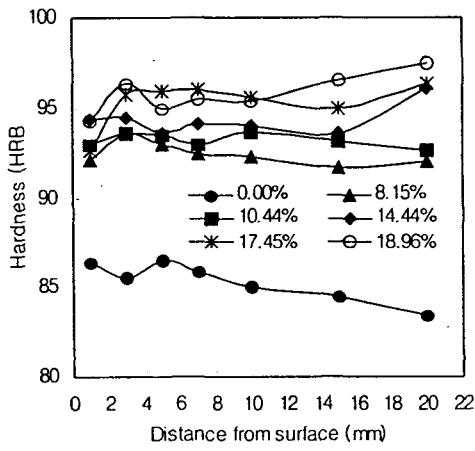


Fig. 7. Hardness variations with distance from the surface in normalized 0.19C-1.17Cr steel.

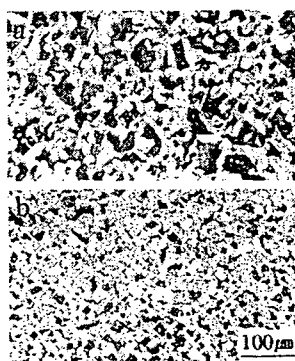


Fig. 8. Micrographs of as-rolled (a) and normalized (b) 0.19C-1.17Cr steel.

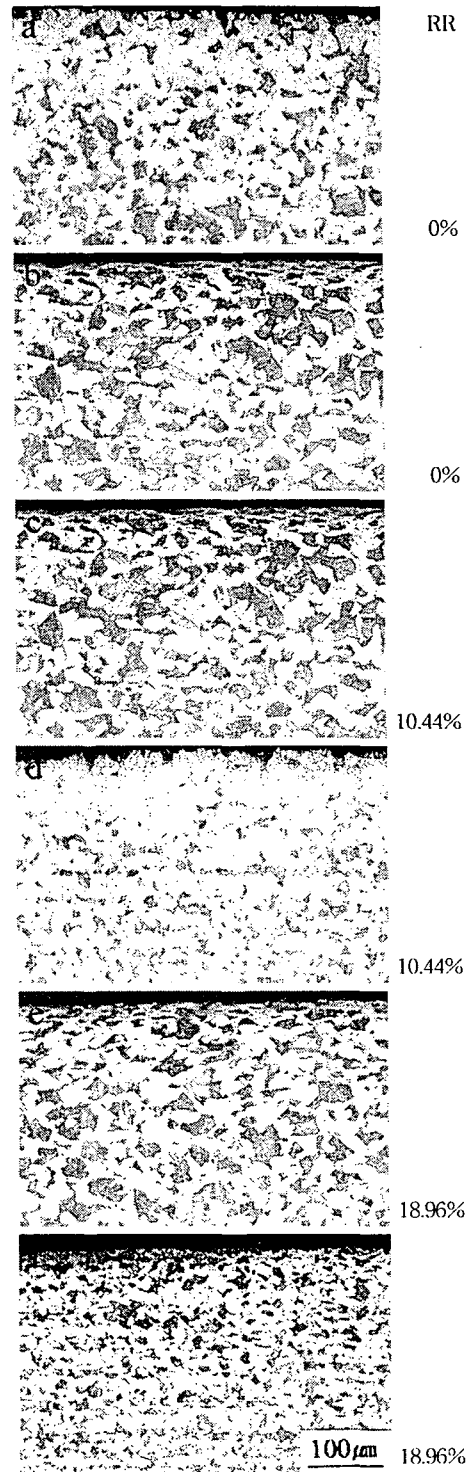


Fig. 9. Micrographs of as-rolled (a,c,e) and normalized (b,d,f) 0.19C-1.17Cr steel