

저탄소 · 저합금 보론 첨가강의 냉각속도에 따른 미세조직과 기계적 성질의 영향

손제영¹ · 이기동² · 김성구[#] · 김영석[#]

The Effect of Microstructure and Mechanical Property with Cooling Rapid in Boron-Treated Low Carbon Low Alloy Steel

J. Y. Son, G. D. Lee, S. G. Kim, Y. S. Kim

Abstract

The effects of boron additions in steels have long been recognized as very important, mainly with respect to hardnability of heat treatable steels. we investigated the effect of the microstructure and mechanical properties with cooling condition after heat treatment of the boron-treated(≒8 ~ 18ppm) low carbon(≒ 0.2%C) low alloy steel. The specimens were austenitised for 10 min at 910°C, cooled for the various periods of time from 10 sec to 30 sec or with water after forming for 15 sec.

After cooling, mechanical properties were measured by tensile test and hardness test. For analysis of microstructure, Optical were carried out.

Key Words : Boron, Low Carbon, Low Alloy, Cooling, Steel

1. 서 론

고강도 · 고성형을 위한 공법 개발이 해외 선진 업체를 시작으로 최근 각광을 받고 있다. 특히, 고온에서의 성형성을 극대화한 핫포밍 공법은 초 고강도 소재의 냉간 가공성을 극복하기 위해 성형이 비교적 쉬운 고온영역에서 프레스 가공 후 상온까지 급속 냉각하여 부품을 제조하는 가공기술이다. 따라서, 소재 강도 증가에 따른 부품 경량화가 가능하고 일반 프레스 부품 대비 스프링 백 현상을 90%이상 감소시킴으로서 치수정밀도를 향상시킬 수 있다. 또한 900°C 이상의 고온 성형으로 가공성을 향상시킬 수 있기 때문에 표 1에서 보는 바와 같이 고강도강 적용 자동차 부품

생산에 빠르게 적용되고 있는 실정이다.

**Table 1 Trend of an Overseas Motors Corporation
& Parts Corporation**

구 분	자동차사	부품사
유 럽	VW, RENAULT, OPEL VOLVO, CITROEN, FIAT,	BENTELE, SOFEDIT, GESTAMP, ACCRA, MAGNA. VALOLAC
일 본	TOYOTA, DAIHATSU MAZDA,	AISIN TAKAOKA, TOYOTA Steel
북 미	FORD, GM, DC	BENTELE, HARDTECH

따라서 본 연구는 저탄소 · 저합금 보론강을 사용하여 핫포밍 공정 기술의 냉각조건을 최적화시키는 것을 목적으로 하고 있다.

1. ㈜화신

2. ㈜화신

㈜현대모비스, E-mail: nine@mobis.co.kr

경북대학교, E-mail: caekim@knu.ac.kr

2. 실험 방법

2.1 재료 및 시편 제작

본 실험을 위하여 먼저 ASTM E 8M 규격의 시편을 제작하였다. 그리고 시편의 화학 조성을 분석하기 위하여 발광 분광 분석기(Emission Spectrometer, GVM-1014S)를 사용하였으며, 그 결과는 표 2에 나타내었다.

Table 2 Chemical Composition of Experimental Specimens.(mass%)

재질명	합금 성분					
	C	Mn	Si	P	S	B
M1	0.20	1.27	0.14	0.009	0.002	0.0008
M2	0.23	1.07	0.21	0.009	0.004	0.0017
M3	0.26	1.21	0.21	0.010	0.005	0.0018

2.2 열처리

열처리로의 온도를 오스테나이트화 온도까지 가열하고 시편을 주입하였다. 이 때, 열처리 내부 온도가 떨어지게 되는데 목표로 하는 오스테나이트화 온도로 다시 회복하기까지는 약 4분 정도가 소요되었다. 따라서, 그 이후를 오스테나이트화 개시 시간으로 설정하였다. 오스테나이트화가 끝나면 신속하게 시편을 금형에 이송시켜 성형을 한 후, 각각 10sec, 20sec, 30sec 동안 금형 냉각 또는 수냉 방식 냉각시켰다. 본 실험의 열처리 조건을 표 3에 나타내었다.

Table 3 Heat Treatment Condition.

Austenitizing		Forming	Cooling
910℃	10min	15 sec	10 sec
			20 sec
			30 sec
			Water Cooling

2.3 미세조직 관찰

미세조직은 인장시편에서 시편을 채취하여 사포(sand paper) #100부터 #2000까지 연마한 후 0.05 μm 알루미나(alumina)를 사용하여 버퍼(buffer)에서 폴리싱(polishing)한 다음, 3 % Nital (97C₂H₅OH-3HNO₃)로 Etching하여 광학현미경(Olympus BH2-UMA)으로 관찰하였다.

2.4 기계적 성질 시험

인장시험은 인장시험기(INSTRON 8516, Instron Inc., USA)를 사용하여 실시하였다. 크로스 헤드(cross-head)의 이동속도를 1mm/min으로 고정하여 상온에서 실시하였다.

경도시험은 미세조직을 관찰한 시편을 사용하였으며 Micro-Vickers 경도기로 측정하였다.

3. 실험 결과

3.1 시편 열처리 전·후 기계적 물성

표 4는 본 실험에서 사용된 저탄소·저합금 보론강의 열처리 전·후 인장테스트 결과와 경도값을 나타내고 있다. 이는 표 3에서 언급한 열처리 및 성형 후 30sec 동안 금형냉각 방식을 통해 얻어진 결과이다.

Table 4 Mechanical Property of Specimens before & after Heat Treatment

재질	형태	인장강도 (MPa)	항복강도 (MPa)	연신율 (%)	경도 (Hv)
M1	원소재	632	508	25	175
	열처리 소재	1486	1091	9	433
M2	원소재	528	391	19	170
	열처리 소재	1414	1077	10	472
M3	원소재	542	389	27	211
	열처리 소재	1546	1103	9	459

3.2 시편 열처리 전·후 미세조직

그림 1의 핫포밍 전 미세조직은 초정 페라이트와 펄라이트 및 구상화 탄화물 조직으로 이루어져 있으며 핫포밍 후 미세조직은 마르텐사이트 조직으로 변태된 것을 확인할 수 있었다.

Pickering에 의하면 보론을 첨가할 때 최대의 경화능을 얻기 위해서는 3~30 ppm 사이로 알려진 최적의 보론이 첨가되어야 하고, 그보다 높은 보론 함량은 경화능을 저하시킨다고 알려져 있다.⁽¹⁻⁴⁾ 일반적으로 저탄소·저합금강에서 극소량의 보론 첨가는 시간-온도-변태 Diagram에서 초석 페라이트의 석출이 현저히 지연시켜, 초석 페라이트의 C곡선을 오른쪽으로 이동시킨다고 보고되고 있다⁽⁵⁾. 이러한 현상은 강에 첨가된 보론이 원자 상태로서 오스테나이트 결정 입계에 편석되어 결정

입계 자유 에너지를 낮춤으로 초석 페라이트의 형성을 억제하기 때문인 것으로 알려져 있다(6-7).

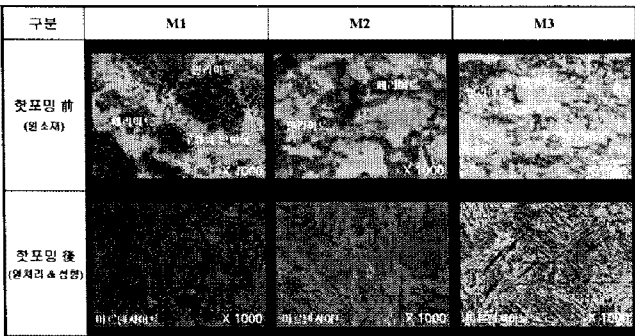


Fig.1 Microstructure of Specimens before & after Heat Treatment

3.3 제품 열처리 전·후 기계적 물성 및 미세조직

본 연구는 앞서 수행한 열처리 조건 실험에 따른 M1소재를 사용하였으며, 그 평가방법 또한 동일하다. 핫포밍 공정에 대한 자세한 내용은 다루지 않도록 하겠다. 그림 2과 3은 핫포밍 공정을 통해 제작된 핫포밍 튜브형 토션빔 부품을 가지고 수행된 기계적 물성을 나타낸다. 그림 4는 상기 부품의 미세조직을 나타내고 있다. 현재 국내에서 양산 적용되고 있는 튜브형 토션빔의 600 MPa급 소재보다 훨씬 더 높은 1,400 MPa급 소재 강도를 지니고 있음을 확인할 수 있었으며, 유럽의 선진업체의 경우와 같이 1,400 MPa급 이상의 초고강도를 가짐으로써 높은 내구 특성을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 미세조직 또한 마르텐사이트 조직을 나타내고 있으며, 경도값은 목표로 하고 있던 400 Hv 보다 높은 평균 경도값을 나타내었다. 향후, 토션빔 액슬의 롤강성과 횡강성을 증대시키고, 내구성 향상을 위한 핫포밍 공정 기술을 확립한다면 세계적인 기술을 확보함과 동시에 고강도 열처리강을 자동차 부품에 적용한다면 강도 상승에 따른 부품의 경량화와 더불어 고안정성을 꾀할 수 있으므로 기능과 가격 측면을 동시에 만족하는 자동차 부품의 개발이 가능해지며, 핫포밍 빔 뿐만 아니라 샤프트 전부분에 걸쳐 확대 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

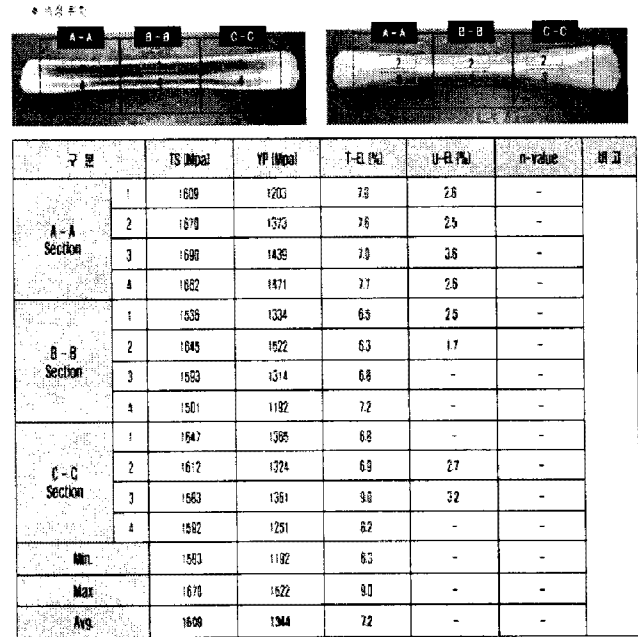


Fig. 2 Mechanical Property of Parts after Heat Treatment

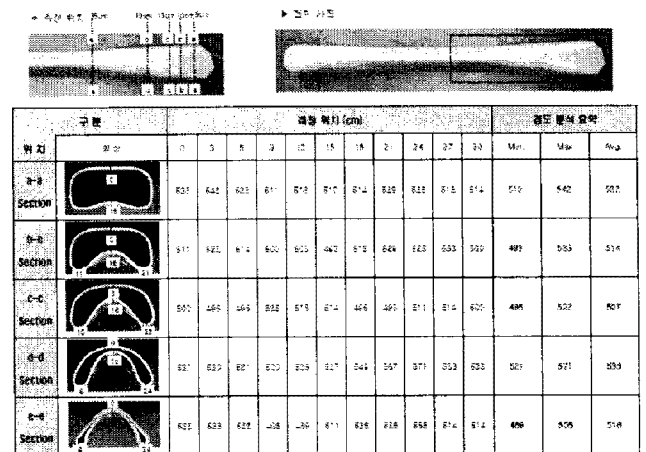
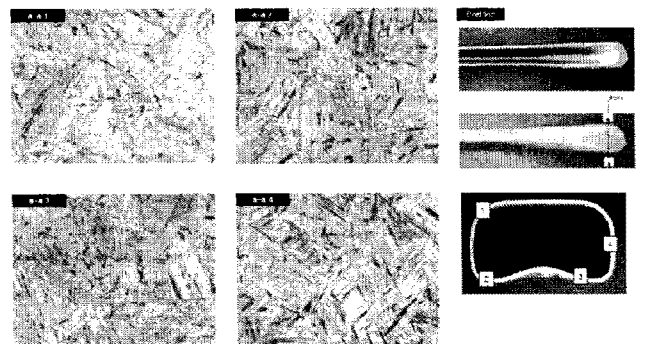


Fig. 3 Hardness Test of Parts after Heat Treatment



4. 결론

저탄소·저합금 보론강을 상기 열처리 조건으로 열처리를 한 후, 냉각속도와 핫포밍 공정 조건에 따른 미세조직과 기계적 성질에 대하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 저탄소(0.2%C)·저합금·보론(8~18ppm)강의 경화를 위한 열처리 조건에서 각각의 냉각속도에 따라(10, 20, 30sec) γ 상 \rightarrow α 상 변태거동을 한다는 것을 확인할 수 있었다.

(2) 저탄소·저합금 보론강의 경화를 위한 열처리 조건에서 각각의 냉각속도에 따라 인장강도 1,400MPa급 이상, 경도 400Hv 이상의 기계적 물성을 확보하였다.

(3) 핫포밍 공법 개발을 위한 저탄소·저합금 보론강의 열처리 조건 및 냉각 조건을 확립하여 핫포밍 공법 및 기술을 최적화하였다.

참 고 문 헌

- [1] J.C. Shyne, E.R. Morgan, and D.N. Frey: Trans. ASM, **48** (1956), 265.
- [2] W. Craft and J.S. Lamont: Trans. Met. Soc. AIME, **158** (1944), 157.
- [3] N.F. Tisdale: Iron and Steel, **16** (1944), 443.
- [4] Y. Imai and H. Imai: J. Japan Inst. Metals, **B-15** (1951), 44.
- [5] C.R. Simcoe, A.R. Elsea, and G.K. Manning: Trans. Met. Soc. AIME, **206** (1956), 984.
- [6] C.R. Simcoe, A.R. Elsea, and G.K. Manning: Trans. Met. Soc. AIME, **203** (1955), 193.
- [7] R.A. Grange and T.M. Garvey: Trans. ASM, **37** (1965), 136.

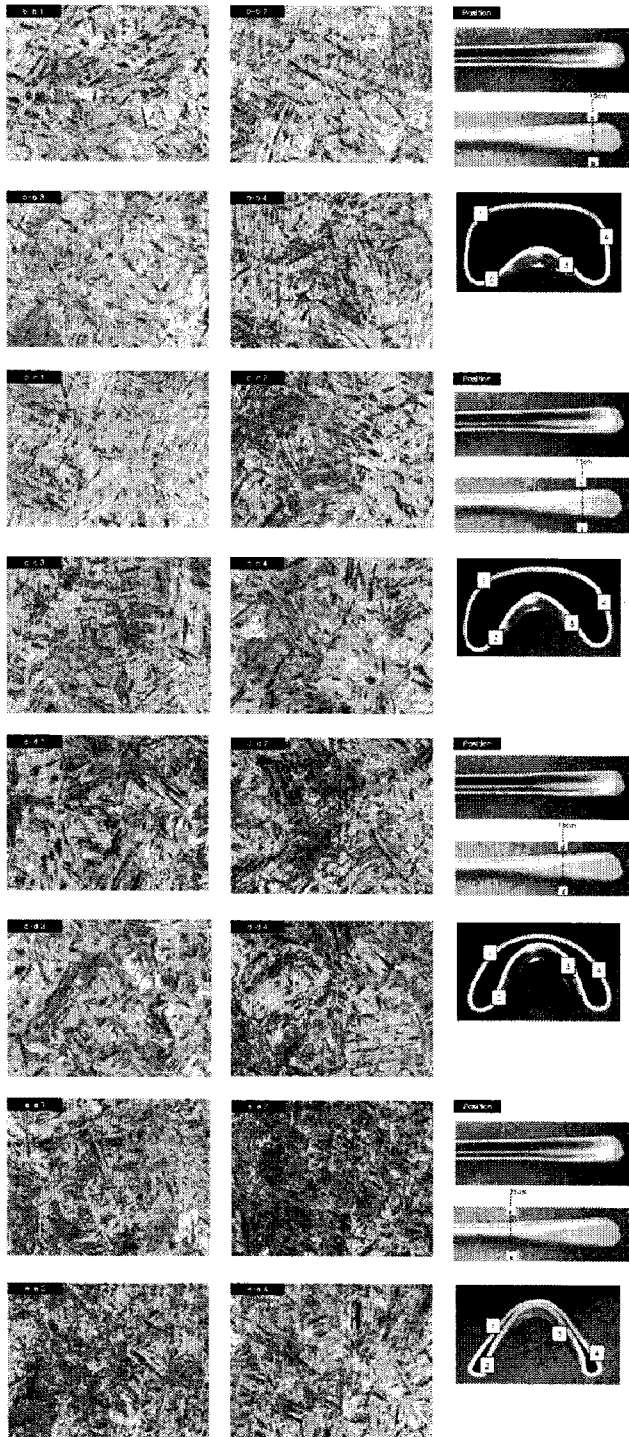


Fig. 4 Microstructure of Parts after Heat Treatment