

냉간성형용 강의 미세조직과 기계적성질에 미치는 제어냉각의 영향

김남규* · 박상덕* · 김병옥* · 최희진*

Effects of Controlled Cooling on Microstructures and Mechanical Properties of a Steel for Cold Forming

N. G. Kim, S. D. Park, B.O. Kim and H. J. Choi

Abstract

The main purpose of the present study has been placed on investigating the effects of controlled cooling on the microstructures and mechanical properties of 0.2C-0.2Si-0.8Mn-B steel for cold forming. The steel was processed in steel making factory(EAF, VD) and casted to □160 billet then reheated in walking beam furnace and rolled to coil, rolling stock was acceleratly cooled before coiling. Microstructural observation, tensile test and charpy impact tests were conducted. The mechanical properties and microsture of the steel were changed by cooling condition. The grain size of rolled product decreased with increasing cooling rate, resulting in increase of impact toughness and tensile strength, elongation and reduction of area . From the result of this study, it is conformed that mechanical properties and microstructure of 0.2C-0.2Si-0.8Mn-B steel for cold forming were enhanced by accelerated cooling.

Key Words : Controlled cooling, Accelerated cooling, Steel for cold forming, Mechanical property, Microstructure

1. 서 론

자동차 부품 및 산업기계 부품으로 사용되는 특수강은 최종제품의 강도특성을 확보하기 위해 랜칭·템퍼링의 조절처리를 행하는 것이 일반적인 공정이나, 이러한 열처리 수행에 따른 대기 및 수질오염등의 환경문제, 제조비용의 상승, 납기의 지연등의 문제를 야기하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 자동차부품 및 산업기계에 광범위하게 사용되는 열간단조제품에 대하여 열처리를 생략할 수 있는 열간단조용 비조질강이 개발되어 왔으며, 또한 냉간성형제품에

대해서도 열처리를 생략할 수 있는 냉간성형용 비조질강이 일본을 중심으로 개발되어 오고 있다.

냉간성형용강의 비조질화 방법으로는 항온변태처리와 제어냉각방법이 있으며 항온변태처리는 압연 완료후에 별도의 공정을 적용하기 때문에 제어냉각을 통하여 압연단계에서 소재의 요구품질을 달성한다면 제조원가 및 공정단순화 측면에서 더욱 유리하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 현재 볼트로 사용되는 냉간성형용 조절강의 선제 제조시에 제어냉각을 적용하여 미세조직 및 기계적성질의 개선정도를 파악하고 현용 냉간성형용 조절강을 비조질화 할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다.

* (주)세아베스틸 금속기술연구소

Table 1 Chemical compositions of the steel in this study

| Element | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ti | B |
|---------|-------|-------|------|------|------|-------|--------|--------|
| wt % | 0.195 | 0.192 | 0.79 | 0.12 | 0.07 | 0.746 | 0.0389 | 0.0017 |

2. 실험방법

2.1 제강 및 압연

본 연구에서 사용한 강은 CHQ볼트로 사용되는 보론강으로 화학성분은 표1과 같으며, 전기로, VD 및 연주 공정을 통하여 Billet (□160)로 만든 후에 WBF에서 재가열하여 Φ19 Coil로 최종 압연하였다.

최종압연 단계에서 마무리 압연후의 냉각조건을 변화시켜 냉각조건에 따른 미세구조와 기계적특성을 조사하였다.

2.2 제어냉각방법

재가열 및 최종압연 직후 소재를 마무리 압연기 후면에 설치된 수냉대(Water Zone)를 이용하여 제어냉각을 실시하였으며 가속냉각의 경우 수냉대에서 190m³/hr 냉각수량을 적용하였으며 각 냉각조건은 표2와 같다.

Table 2 Controlled cooling condition of the steel at Bar in Coil Line

| Cooling type | Reheating Temp (°C) | Temp. before cooling (°C) | Water flow rate (m ³ /hr) | Temp after cooling (°C) |
|--------------|---------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Conventional | 1080 | 1050 | - | 1015 |
| Accelerated | 1030 | 1025 | 190 | 898 |

2.3 미세조직관찰 및 기계적성질 평가

제어냉각에 따른 미세조직의 변화는 광학현미경을 이용하여 관찰하였으며 기계적성질은 인장시험기 및 충격시험기를 이용하여 측정하였다.

인장시험은 상온에서 3 mm/min의 cross head speed로 실험하였으며, 충격시험은 10x10 V-notch charpy 시험을 가공하여 실험하였다.

3. 실험결과 및 고찰

2.1 인장시험결과

표 3에 나타난 바와 같이 가속냉각재는 일반냉각재에 비하여 인장강도가 약간 상승되었는데도 불구하고 연신율과 단면감소율이 저하되지 않고 오히려 상승되는 특성을 나타내었다.

그러나 본 연구 강종은 냉간비조질강에 비하여 선재의 연신율과 단면감소율은 충분한 상태이나 인장강도가 다소 낮은 수준이기 때문에 냉간인발감면율의 증대를 통한 강도의 상승이 요구된다.

Table 3 Result of tensile test of the coil (Φ19)

| Cooling type | TS (kgf/mm ²) | YS (kgf/mm ²) | EL (%) | ROA (%) |
|--------------|---------------------------|---------------------------|--------|---------|
| Conventional | 55.0 | 30.7 | 29.7 | 78.8 |
| Accelerated | 56.2 | 29.5 | 33.0 | 79.4 |

2.2 인장강도의 산포

비조질강의 경우는 냉간성형전에 열처리가 생략되기 때문에 소재 강도산포가 클 우려가 있다. 소재 강도의 산포가 클 경우 후속 냉간성형시에 성형특성이 달라질 뿐만아니라 최종제품의 특성차가 발생되므로 선재의 강도 균일성은 중요한 부분이다.

압연 선재상태에서 코일의 선단부로 부터 후단부까지 선단부 10링, 후단부 20링에서 인장시험을 샘플링하여 두 조건의 강도의 산포를 그림1에 표시 하였으며, 가속냉각재는 선단부 일부를 제외하고는 일반냉각재에 비하여 강도의 산포가 적고 강도도 약간 높아짐을 알 수 있다.

2.3 충격시험결과

사진 1에 두 조건의 충격시험후 파면상태와 Charpy 충격치를 나타내었으며 가속냉각재의 파면은 여러 방향으로 찢어지는 인성이 매우 우수한 파단 형상을 보이고 있으며 충격치도 22.8kgf-m/cm²으로 일반냉각재 보다는 2 배 정도 높은 우수한 충격특성이 나타났다.

본 강종은 일반 냉각재의 경우도 충격특성이 좋은 편이며 가속냉각을 통한 입자 미세화에 의해 충격특성이 향상되는 것으로 판단된다.

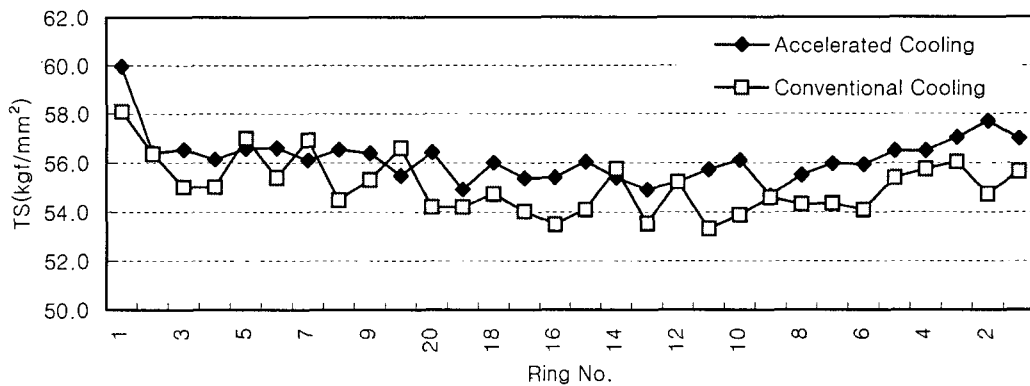


Fig. 1 Tensile strength of the coils as- rolled state throughout the coil

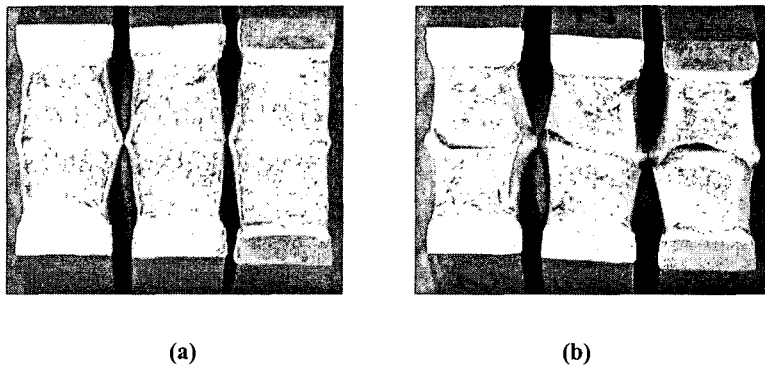


Photo 1 Charpy impact broken surface of the steel

(a) Conventional cooling(11.70 kgf-m/cm²) (b) Accelerated cooling(22.88 kgf-m/cm²)

2.4 미세조직 관찰결과

일반압연재와 가속냉각재에서 샘플링한 시편의 광학현미경 조직사진을 사진2에 나타내었으며 가속냉각재의 경우 중심부까지 매우 미세한 결정립이 형성됨을 알 수 있다. 이것은 가속냉각에 의해 페라이트 핵성성 site의 증가되어 결정립이 미세해진 것이며 결정립의 미세화 정도는 중심부에서 표면부로 갈수록 증대되는 현상을 보여준다. 이러한 결정립 미세화에 의해 강도의 상승 및 충격인성의 향상이 가능하며 충격치를 감소시키지 않으면서 강도 향상을 가능하게 할 수 있다는 점에서 가속냉각에 의한 입자 미세화는 매우 유용

한 제조기술이라 할 수 있다.

4. 결론

냉간성형용 0.2C-0.2Si-0.8Mn-B 강을 일반냉각 및 가속냉각을 적용하여 생산한 선재의 기계적성질 및 미세조직을 관찰한 결과는 다음과 같다.

(1) 마무리 압연 직후 수냉대에서 냉각수량 190m³/hr 을 적용하여 냉각한 가속냉각재의 Charpy 충격치는 22.9kgf-m/cm² 으로 일반냉각재에 보다 2 배정도 높은 충격치를 나타내었으며, 파단형상도 가속냉각재가 인성이 높은 상태로 나

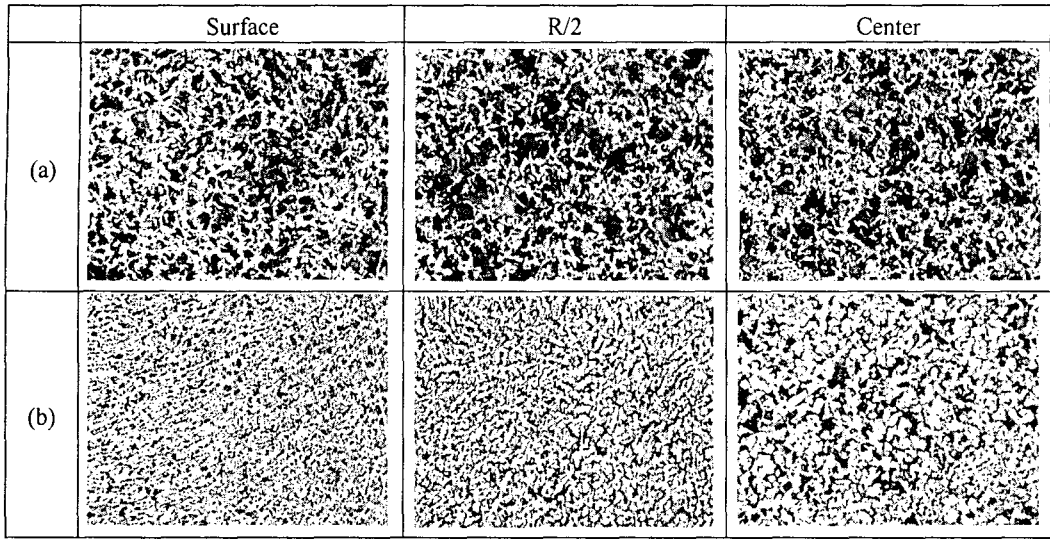


Photo 2 Optical microstructure of 0.2C-0.2Si-0.8Mn-B steel, Φ19 coil
 (a) Conventional cooling, (b) Accelerated cooling

후 기

나타났다.

(2) 가속냉각에 의해 인장강도는 소폭 상승되었음에도 불구하고 연신율과 단면감소율이 오히려 상승되어 가속냉각을 통하여 냉간성형성이 향상될 것으로 기대된다.

(3) 또한 가속냉각에 의해 소재 중심부까지 결정립이 미세화되었으며 이것은 (1)의 결과와도 일치되는 결과를 보여 주었다.

(4) 본 강종의 압연상태 인장강도는 55~57kgf/mm² 수준으로 냉간비조질강에 비하여 다소 낮은 값을 나타내었으며 본 강종을 비조질화하기 위해서는 냉간인발 감면율의 증대를 통하여 강도를 확보하여야 한다.

본 연구는 산업자원부 청정생산기술 사업인 “차세대 환경친화형 고강도 냉간단조 비조질강 제품개발” 사업의 지원으로 이루어졌습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Masato Kaiso, Dr. Masamichi chiba, KOBE STEEL Engineering Report 52(2002), 52
- (2) 한철호, 이종수, 이호조, 신정호, 기아특수강기보, 12 (1997), 70
- (3) 장병록, 신정호, 한철호, 이종수, 기아특수강기보, 13 (1997), 30