

## 침탄된 STD61강의 기계적 성질에 미치는 진공열처리의 영향

김 경 식<sup>†</sup>  
공주대학교 신소재공학부

### Effect of Vacuum Heat Treatment on Mechanical Properties of Carburized STD61 Steel

Kyung-Sik Kim<sup>†</sup>

Division of Material Science & Engineering, Kongju National University,  
1223-24, Cheonandae-ro, Cheonan, 31080, S. Korea

**Abstract** Mechanical properties of STD61 steel are compared with those of carburized STD61 steel when both are quenched and tempered in vacuum heat treatment. Mechanical properties of carburized STD61 steel are improved better than STD61 steel in hardness, tensile strength, impact energy and wear resistance.

(Received January 2, 2017; Revised January 10, 2017; Accepted January 25, 2017)

**Key words** : Carburized STD61 Steel, Carburizing, Vacuum Heat Treatment, Mechanical Properties

#### 1. 서 론

우리나라에서 금형 단조품의 제조원가에서 점유하고 있는 금형비용의 비율은 8-10%이다. 이들 금형은 다이블록(die block)으로부터 장시간에 걸쳐 기계 가공 혹은 방전가공, 또한 수가공을 거쳐서 금형으로 제작되고 있다. 그런데 이 금형비용은 일반적으로 재료비가 20%, 가공비는 약 80%를 차지하고 있다. 따라서 가공시간을 단축하는 것은 금형비를 절감하는데 있어 상당한 효과를 발휘할 수 있다. 더욱이 금형 사용 수명을 연장할 수 있다면, 재료비 및 가공비를 절감할 수 있을 뿐만 아니라 단조품의 품질 향상 및 생산성 향상등에도 시너지 효과가 크다.

단조 및 프레스등에 사용되는 금형의 사용 수명을 향상시키는 것은 오래전부터 중요한 과제였지만, 특히 최근 자동차나 건설 기계등의 대량생산과 더불어, 이에 사용되는 부품을 제조하는 데 금형의 수명이 더욱 절실해지고 있다. 그것은 단순히 대량생산이라고 하는 목적만이 아니라 금형의 사용 수명이 부품의 제조비용에 크게 영향을 주기 때문이다.

각종 표면 개질법은 종래 섭동부의 내마모성이나

내식성등이 요구되는 기능부품에 사용되는 것이 많았다. 그러나 최근 기능성 표면처리 및 개질법은 기술의 진보에 따라 플라스틱 성형용 금형, 프레스 성형 금형, 다이캐스팅 금형, 압출금형 및 글라스 금형 등 그들 부품에 적용되어 유효한 성능과 소재의 안정화에 기여하고 있다. 소재의 기능성 발현만이 아니라 조업의 안정화 유지, 재료와의 상호보완 등의 기능성을 향상시키고 있다. 표면처리에는 각종 처리방법이 있으며, 확산처리(질화처리, 침유질화처리, 플라즈마 질화·침유처리등)나 피막처리(PVD, CVD, PCVD 등)가 있다. 금형강은 고사이클화(조업시간의 고수명화), 제품의 고경도화 등 가혹한 조업조건 하에서의 조업·수명 안정화가 요구되고 있다는 점으로부터 소재 그 자체로나 단일 표면 처리로는 그 특성이나 가혹한 요구성능을 만족시키지 못하는 경우가 많다[1].

이들 배경으로부터 국내나 외국에서는 가스연질화+산화처리, 플라즈마 연질화+산화처리, 또는 가스연질화+산화처리 등 질화처리계에 있어서도 복합화처리가 행해지고 있다. 이들 각 처리에서 염수분무시험 결과로는 플라즈마 연질화+산화처리, 가스연질화+라티칼 처리+산화처리가 다른 처리에 비해 양호한

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : ks21k@kongju.ac.kr  
Copyright © The Korean Society for Heat Treatment

내식성을 보인다는 보고가 있다[2-5].

한편, 복합처리층 위에 더욱 PVD 피막처리를 행하여, 내마모성, 내식성, 내열성, 내용손성 등을 향상시키는 수법도 개발되어 행하여 지고 있다.

열간 단조용 금형의 표면경화처리법으로 옛날부터 그동안 경질크롬도금이 사용되었지만, 최근에는 도금 슬러지(sludge)에 대한 공해방지가 엄격해져 그 이용도도 감소하고 있고 또 크롬도금의 얇은 도금층만으로는 효과가 없다고 보고되고 있다. 그리고 열간 단조용 금형에 보로나이징[6]이나 탄화물 피복법등을 금형에 적용하는 시도도 있었지만, 이들 표면경화처리법은 비용적으로도 어려움이 있을 뿐만 아니라 처리온도가 1000°C 이상의 고온이기 때문에 변형등 문제가 있어 표면경화처리법으로써 향후 제대로 정착될 수 있을 지 의문이다.

이같은 사정을 감안하여 열간 단조용 금형의 사용수명을 연장시킬 수 있는 표면경화법으로 침탄열처리와 진공열처리를 결합시키는 복합열처리법을 고안했다. 복합열처리[7]에서 기대되는 것은 1. 복합되는 쌍방이 지니고 있는 품질 특성이 상승작용에 의해 사용하는 품질특성에 아주 적합하다는 것 2. 쌍방이 지니고 있는 특성 중 사용에 필요한 특성이 대폭 강화된 것 3. 쌍방이 갖고 있지 않던 특성이 새로이 발현되어 다양한 분야에 유효하게 쓰이게 되는 것 등있다.

본 논문에서는 열간 금형용강인 STD61강에 침탄처리와 진공열처리를 결합 처리함으로써 기존 STD61강의 진공 열처리에 의해서 얻을 수 있었던 기계적 성질과 비교해보고자 시도하였다.

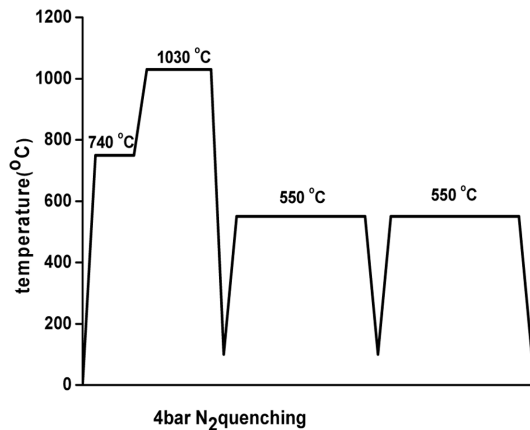
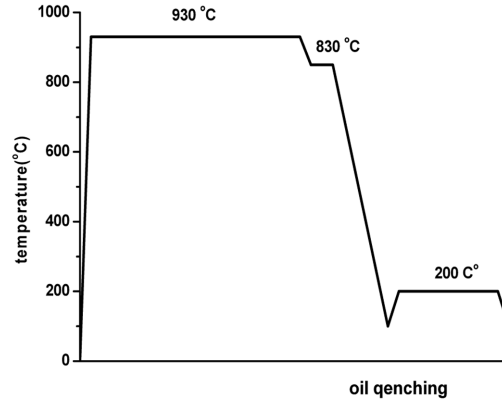
## 2. 실험방법

본 실험에서 사용한 STD61강의 조성은 Table 1에 나타난 바와 같으며, 본 강재를 사용하여 인장시험편, 충격시험편, 마모시험편을 제작하여 열처리에 사용하였다.

열처리 실험을 위해서 먼저 시험편을 침탄용과 비침탄용으로 구분하고 침탄용은 930°C에서 C.P 1.0% C에서 3시간 침탄처리한 뒤 유냉하였다. 템퍼링은 진공열처리에 들어가는 시간이 걸리기 때문에 200°C에서 행했다. 다음에 침탄된 시편과 비침탄 시

**Table 1.** Chemical composition of STD61 steel (wt%)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0.37	1.0	0.5	5.00	1.25	1.0



**Fig. 1.** Heat treating cycles of carburizing and vacuum heat treatment.

편을 함께 진공 열처리로에 장입하고 승온하여 1,030°C에서 4 bar 상태에서 질소가스로 가압급냉하였다. 그 후 550°C에서 템퍼링 처리를 2회 실시하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

STD61강의 열처리에 따른 기계적 성질을 평가하기 위해 경도, 인장시험, 충격시험, 마모시험 결과를 정리하였다.

### 3.1 경도변화

진공열처리만 행한 시편 [A]와 침탄 후 진공열처리한 시편 [B]의 비커스경도 변화를 Fig. 2에 나타냈다. 침탄 경화 깊이는 Hv850 이상의 구간으로 판단하건대 약 1 mm라고 추정된다. 침탄한 뒤 진공열처리한 것이 경도가 높은 것은 침탄으로 표층탄소 함량이 높기 때문이다.

### 3.2 인장강도

시험편 [A]와 시험편 [B]의 인장시험결과를 아래 Fig. 3에 보였다. 시험편 [A]의 인장강도는 1,820 MPa였으나 시험편 [B]의 인장강도는 1,915 MPa로 95 MPa 정도 더 높았는데 이는 침탄되어 표층에 탄소량이 높아진 STD61강이 진공 열처리에 의해 재고용된 뒤 미세한 탄화물로서 석출 되었다고 생각할 수 있다.

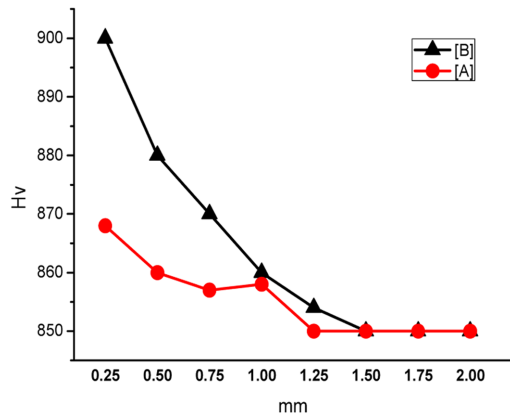


Fig. 2. Comparison of microvickers hardness [A] and [B].

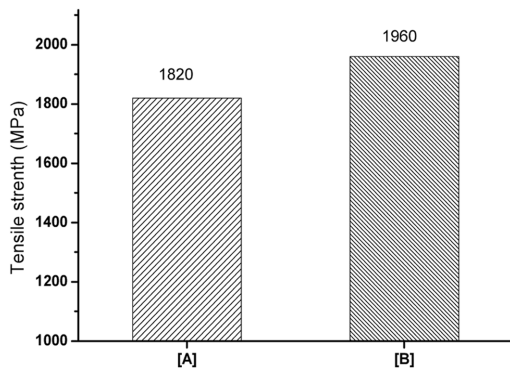


Fig. 3. Comparison of tensile strength [A] and [B].

### 3.3 충격값

시험편 [A]와 시험편 [B]의 충격시험값을 Fig. 4에 나타내었다. 시험편[A]의 충격값은 20 J/mm<sup>2</sup>, 시험편 [B]의 충격값은 24 J/mm<sup>2</sup>으로 4 J/mm<sup>2</sup> 만큼 높았다. 시험편[B]의 인성이 더 좋은 것이다. 이는 시험[B]의 기지에 탄소량이 더 많이 고용되었으나 탄소량이 높아진 관계로 잔류 오스테나이트 발생량이 증가했기 때문이다.

### 3.4 마모거동

Pin on Disk 타입으로 40 kgf의 하중하에서 마모 시험을 한 결과를 Fig. 5에 보였다. 시험편[B]의 마모량이 적음을 알 수 있다.

슬립마모는 그 기구로부터 응착마모(adhesive wear)와 어브레시브 마모(abrasive wear)의 2개로 분류된다. 응착마모는 미끄러운 2면에서도 일어나며,

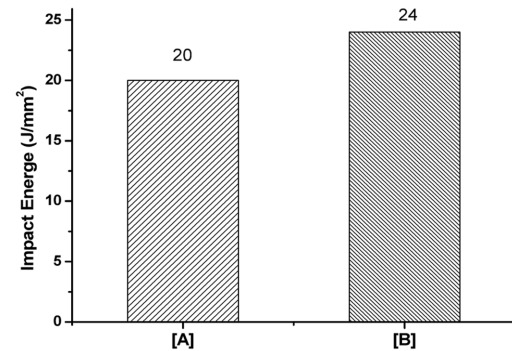


Fig. 4. Comparison of impact energy [A] and [B].

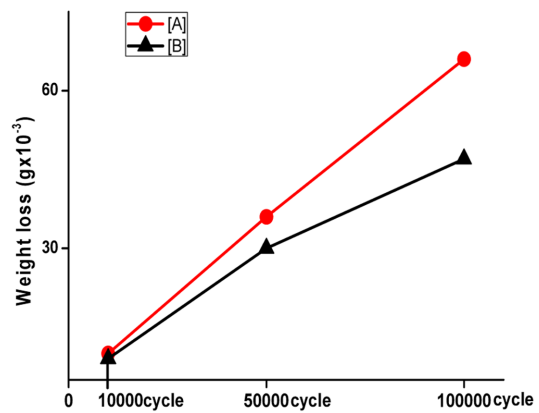


Fig. 5. Comparison of wear resistance [A] and [B].

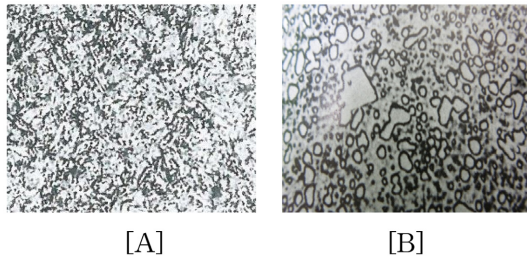


Fig. 6. Comparison of microstructures [A] and [B].

어브레시브 마모는 2면에 경도차가 있어 경한쪽의 면이 평활하지 않는 경우에 일어난다.

실제의 마찰부재에 사용되는 재료의 마찰력의 기원은 응착이다. 한번 응착에 의한 일체화가 일어나면 2면의 슬립에 의해 파괴가 일어나는 곳은 약한 쪽이다. 이와같이 응착과 파괴가 반복 진행되어 약한 쪽 재료의 마모가 진행된다. 따라서 경도가 약한 시료인 [A]의 마모가 더 진행된 것이라 생각할 수 있다.

### 3.5 미세조직

5% 나이탈 부식액으로 에칭시켜 얻은 시편 [A] 및 [B]의 표층 현미경 조직을 Fig. 6에 나타내었다. [A]조직에 비해 [B]조직이 미세한 탄화물이 많이 석출되어 있는 바, 이것이 경도, 인장강도, 내마모성 등에 영향을 준 것으로 사료된다.

## 후 기

본 논문은 공주대학교 2014년도 산학협력단의 연구비 지원으로 수행한 것으로 이에 감사를 표합니다.

## 4. 결 론

침탄된 STD61강을 진공 열처리하여 경도, 인장, 충격, 마모시험을 행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 침탄 후 진공열처리 한 시편의 경도가 더 높게 나왔으며, 이것이 마모거동에 유리하게 작용한 것으로 생각할 수 있다.

2. 침탄시켜 진공 열처리한 시편의 인장 강도값이 그냥 진공 열처리만 행한 시험편의 인장 강도값보다도 높았다.

3. 충격값도 침탄 후 진공 열처리한 시편이 높게 나와 인성도 향상되었음을 알 수 있다.

4. 내마모성도 침탄 후 진공 열처리한 것이 더 좋았다.

5. 이상의 결과로 미루어볼 때 가스침탄도 금형용 강의 표면개질법으로써 복합열처리에 사용가능함을 알 수 있다.

## References

1. T. Spalviness and W. L. Kovars : Ion Nitriding and Carburizing ASM (1990).
2. N. Suzuki and K. Naito : Tetsutogagane (1995) 49.
3. S. Y. Wang and P. K. Chou : Surface and Coatings Technology **93** (1997) 309.
4. G. Naval and D. B. Lewis : Surface and Coatings Technology **111** (1999) 148.
5. Y. Murayana : 精密工學會 **4** (2000) 505.
6. K. Yamanaka : Casting, Forging and Heat treating **3** (1989) 25.
7. K. Itoh : Casting, Forging and Heat treating **1** (1993) 41.
8. 日本熱處理技術協會 : 入門・金屬材料的組織과性質 (2009) 183.