

# 진공침탄과 가스침탄에 의한 SCM415강의 경도 및 변형특성

박상준 · 이관석 · 김경식  
천안공업대학 신소재열공정과

## Hardness and Distortion Characteristics of SCM415 Steel by Carburizing

S. J. Park, K. S. Rhee and K. S. Kim

Department of Advanced Material Engineering, Cheonan National Technical College

For the investigation of the hardness profiles and distortion characteristics of SCM415 steel, test pieces of SCM415 steel were gas and vacuum carburizing treated. The hardness profiles and distortion characteristics of vacuum and gas carburized SCM415 steel show different results. Vacuum carburizing can offer more improved hardness profiles than alternate methods of carburizing. Compared to alternate methods of carburizing, vacuum carburizing can offer improved mechanical properties and reduced cycle times of the process.

(Received September 27, 2002)

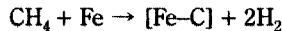
**Key words:** Carburizing, SCM415, Hardness, Distortion

### 1. 서 론

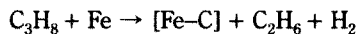
침탄열처리는 고체, 액체, 기체상태의 탄소를 확산에 의해 고온의 철에 탄소를 침투시키는 방법으로 가탄(加炭) 또는 Cementation 이라고 한다. 진공침탄(Vacuum Carburizing)은 피처리물을 진공중에서 가열하여 표면을 활성화한 후, 탄화수소가스를 도입하여 대기압 미만의 감압가스 분위기 중에서 침탄하고, 다시 진공중에서 가열하여 표면탄소를 확산시키는 방법이다. 일반적으로 탄소함량 0.2% 미만의 강재를 진공침탄할 경우는  $10^{-1} \sim 10^{-2}$  Torr의 노내 압력하에서 오스테나이트화 되어진다. 이와 같은 진공가열에 의해 강의 표면은 깨끗하게 정화되어 활성화상태로 되며 이 과정이 진공가열공정이다. 그리고 감압하의 침탄가스 분위기중에서의 침탄공정은, 진공가열공정에서 오스테나이트화가 완료됨에 따라 침탄가스를 노내압력이 수 10~500 Torr까지 도입하여, 오스테나이트 상태의 강을 침탄가스 분위기로 하면 강의 표면에 침탄가스가 접촉하여 침탄반응이 촉진된다. 침탄가스로는 보통 메탄, 프로판, 부탄 등의 탄화수소가스가 사용된다. 따라서 진공침탄은 가스침탄과는 달리  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  등의 산화성 가스가 존재하지 않는 분위기에서 행해져서 승온, 균일가열, 확산, 그 후의 쿨칭은 전부 진공상태에서 행해지기 때문에 입계 이상층은 발생하지 않는다[1]. 따라서 진공침탄은 가스침탄과 비

교해서 피로강도가 높다는 것이 확인되어지고 있다.

메탄을 사용할 경우는,



프로판을 사용할 경우는,



또한,  $C_3H_8 \rightarrow C_2H_4 + CH_4$ 의 반응에 의해 생긴  $C_2H_4$ 에 의해  $C_2H_4 + Fe \rightarrow [Fe-C] + CH_4$ 가 주반응되어 침탄이 행해진다고 보고되고 있지만, 탄화수소의 열분해반응이 복잡하게 일어나고 오스테나이트화 상태의 강내부로 탄소가 흡수되며 그 고용량의 한계는 상태도의 Acm선을 따라 지배된다.

한편, 진공중에서의 탄소의 내부확산, 즉 확산공정은, 소정의 침탄이 완료되면 바로 노내의 침탄가스를 배기하고 진공하에서 피열물을 가열한다. 강의 표면은 침탄도 탈탄도 되지 않고, 강중의 탄소는 농도구배에 따라 중심부방향으로 내부확산된다. 이 공정에 의해 소정의 표면탄소량과 침탄층이 형성된다. 이 기술은 1968년부터 연구가 시작된 비교적 새로운 침탄 열처리기술로서, 종래의 가스침탄과 달리 침탄가스를 대폭 절약할 수 있고, 고온침탄이 가능하며, 침탄후 변형이 거의 발생하지 않는, 작업환경이 우수한 열처리기술로 평가받고

있다.

최근에는 진공침탄 열처리기술이 많은 장점을 갖고 있다고 보고됨에 따라[2-4], 가스침탄과 진공침탄에 의한 피가열물의 피로특성에 대한 연구[5-11]와, 진공침탄강의 피로강도에 대한 연구[12], 그리고 피열물의 형상 및 크기에 따른 가스켄칭과 오일켄칭의 영향에 대한 연구[13] 등이 진행되고 있으나 실용상 중요한 기계적 성질에 대한 보고는 많지 않은 실정이다.

본 연구에서는 외경 25 mm, 내경 5 mm, 길이 100 mm인 SCM415강의 가스침탄과 진공침탄에 의한 기계적 성질을 관찰하고자 경도분포와 변형특성을 비교 검토하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. 시편형상과 치수

본 연구에서 사용한 SCM415시편의 형상과 치수는 Fig. 1 및 Table 1에서 보는 바와 같다.

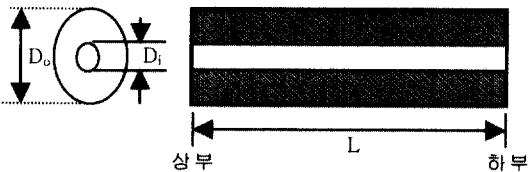


Fig. 1. Shape of specimen.

Table 1. Specification of specimen

| 재질     | 치수  |    |    |
|--------|-----|----|----|
|        | L   | Di | Do |
| SCM415 | 100 | 5  | 25 |

### 2.2. 침탄열처리 사이클 선도

본 연구에서 사용한 가스침탄 열처리로는 최대 250

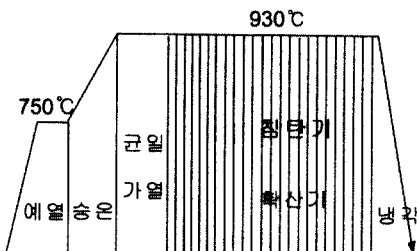


Fig. 2. Heat Treatment cycle.

kg의 피열물을 처리할 수 있으며 적주식 침탄용 Pit type이다. 진공침탄 열처리로는 직경 250 mm, 높이 300 mm이며 1000 Pa 이하에서 프로판 가스를 사용하였다. Fig. 2는 침탄열처리 사이클 선도를 나타낸 것이다. 가스침탄의 경우는 50분 동안 예열, 승온 및 균일 가열(930°C)한 후 930°C에서 43분 동안 침탄, 48분 동안 확산 하였으며, 850°C까지 강온하여 유냉하였다. 진공침탄의 경우는 930°C에서 58분 동안 침탄, 34분 동안 확산하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 3은 외경으로부터 내경까지의 경도분포를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 외경의 유효 표면경화층 깊이(Effective Case hardness Depth: ECD, Hv 550)는 진공침탄의 경우 0.6~0.7 mm 정도로 M. Sugiyama and M. Uchigaito[14]의 실험결과와 유사한 값을 나타내고 있으며, Photo. 1의 조직사진에서도 확인할 수 있다. 그리고 가스침탄의 경우는 ECD가 0.5 mm 정도를 나타내고 있다. 또한 내경의 ECD는

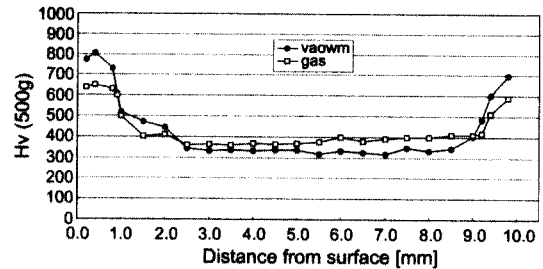


Fig. 3. Hardness distribution from out side diameter to inside diameter.



Photo. 1. Microstructures of SCM415 (×100).

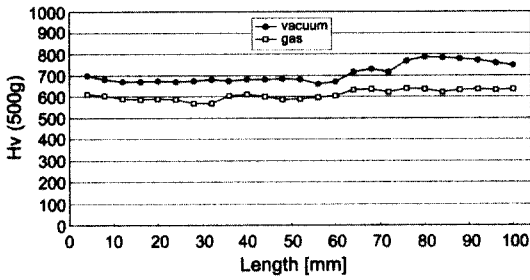


Fig. 4. Hardness distribution around inside diameter of SCM415.

Table 2. Distortions

| 횃 수 | 진공침탄         | 가스침탄         |
|-----|--------------|--------------|
| 1   | 25.03        | 25.45        |
| 2   | 25.08        | 25.38        |
| 3   | 25.11        | 25.53        |
| 4   | 25.04        | 25.32        |
| 5   | 25.06        | 25.37        |
| 평균  | 25.06(+0.06) | 25.41(+0.41) |

( )는 오차

진공침탄의 경우 0.5 mm 정도를 나타내고 있으나, 가스침탄의 경우는 그 보다 훨씬 작은 값인 0.3 mm 이하를 나타내고 있다. 더욱이 조직사진에 의한 내경으로부터의 ECD는 가스침탄의 경우는 거의 불명확한 실정이다.

Fig. 4는 길이방향 단면시편의 내경의 길이방향 경도 분포를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 진공침탄의 경우가 가스침탄보다 Hv50~Hv160정도(평균 Hv80)높은 것으로 나타나 15%정도 효과적이다.

Table 2는 침탄열처리 후 다이알게이지에 의한 변형량을 측정된 결과로 Table 2에서 보는 바와 같이 진공침탄의 경우는 +0.06의 오차를 나타내고 있으나, 가스침탄의 경우는 +0.41의 오차를 나타내고 있다.

## 4. 결 론

SCM415강의 가스침탄과 진공침탄에 의한 경도분포와 변형특성을 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 피가열물 외경의 유효 경화층깊이는 가스침탄과 진공침탄 모두 유사한 경향을 보이고 있으나, 내경의 유효 경화층깊이는 진공침탄의 경우가 15 %정도 효과적이다.
- 2) 침탄열처리에 의한 피열물의 변형은 진공침탄의 경우는 거의 발생하지 않으나(+0.06오차), 가스침탄의 경우는 +0.41오차의 변형이 발생하였다.
- 3) 진공침탄의 경우는 내경부위와 외경부위의 유효 경화층깊이가 유사한 값을 나타내고 있으나, 가스침탄의 경우는 내경부위의 경도분포가 대단히 낮음에 따라 복잡한 형상의 제품에 대한 침탄열처리는 진공침탄에 의한 방법이 보다 효과적이다.

## 참고문헌

1. 杉山, 外; 金屬材料, 17, 5(1977) 25.
2. H. W. Western; Metal Progress, 10, (1972) 101.
3. 村上弘二; 熱處理, 17, (1977) 298.
4. K. S. Kim; J. of the Korean Society of Heat Treatment, 15(1), (2002) 29.
5. T. Yamada and K. Hatano; Heat Treatment 22(3), (1982) 141.
6. D. Dowson; Proc. Inst. Mech, Engr. 182(1967/1968) 151.
7. 波多野和好, 山田俊宏, 佐後木敏美.; 日本金屬學會誌 39, (1975) 87.
8. 黒田昌夫; 日本機械學會論文集 26, (1960) 1258.
9. W. J. Doelker; Metal Progress, 5, (1977) 50.
10. 石橋彰, 横手考; 日本機械學會論文集 35, (1969) 1929.
11. 矢島悦次郎, 古澤浩一; 日本金屬學會誌 36, (1972) 711.
12. K. Asami; Heat Treatment 22(3), (1982) 147.
13. H. Altena, P. Stola, P. Juric, F.Klima and J. Paulu; Heat treatment of Metals, 1, (2001) 1-8.
14. M. Sugiyama and M. Uchigaito; Heat Treatment 127 (6), (1987) 349.