

# 유면압 제어에 의한 금형의 열처리기술

김 성 완

한국생산기술연구원 열처리사업단

## Time Quenching and Oil Surface Pressure Control for the Die Heat Treatment

S.W. Kim

Korea Institute of Industrial Technology, Heat & Surface Treatment R/D Team

### 1. 서 론

열처리에서의 무 변형은 모두의 바램이다. 그러나, 열처리과정중 냉각시의 변형은 상변태로 인한 것과 부위별 냉각속도 차이에서 기인한 잔류응력에 의한 변형의 합으로 나타난다. 본 고에서는 진공 중 오일 소입시 제어 가능한 유면압의 효과를 살펴보고 금형에 적용시 효과에 대해 소개하고자 한다.

### 2. 변형과 유면압제어

철강 재료의 퀴칭시 변형은 불가피하게 발생할 수 밖에 없다. 더욱이 대형제품, 예를 들어, 금형의 경우는 급냉시 대형의 제품의 내외부의 열응력차이로

인해 변형이 발생하게 되고, 이것이 심하면 제품의 형상에 따라 크랙이 발생하는 경우도 있고, 외부에 그냥 방치하여도 갑자기 파괴가 일어나는 경우가 발생한다. 또한, 오일 퀴칭을 하면 소입성능은 좋아지지만, 소입성이 좋은 만큼 표면에서의 냉각속도가 빠르기 때문에 내부의 냉각속도 차이가 심하여 금형과 같이 부피가 크거나 형상이 복잡할 경우 상압에서는 냉각속도를 조절하기가 어려워 오히려 불량률의 요인으로 작용할 수 있다.

유면압 제어란 열처리시 오일 표면의 압력을 제어하여 오일의 냉각특성을 활용하는 혁신적인 기술이다. 진공에서의 유면압 변화는 그림 1에서와 같이 오일 소입조의 압력이 변하면 오일의 냉각특성을 바꾼다. 유면의 압력이 바뀔때 따라 오일성분의 특성에 따라

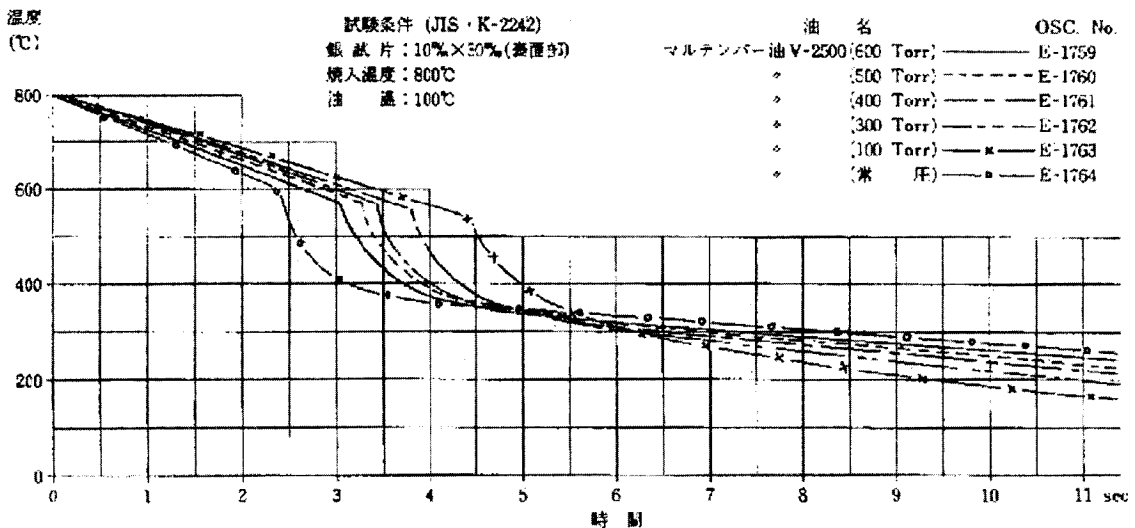


그림 1. 압력의 변화에 따른 진공소입오일의 냉각속도 변화의 예.

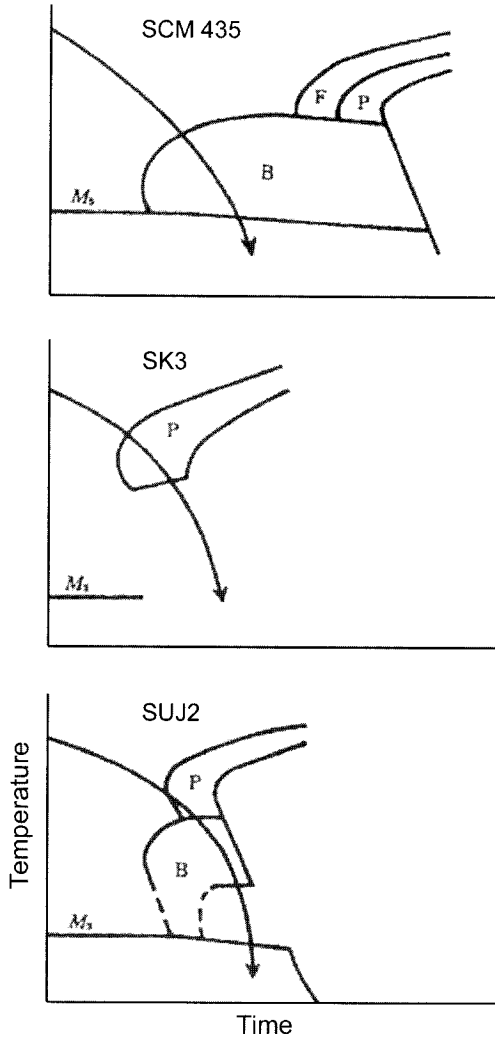


그림 2. 여러 강종의 CCT 곡선도.

분압과 점도가 바뀌게 되고, 그 특성으로 인해 증기막 단계와 대류단계 개시 온도가 바뀌게 된다. 이러한 특성을 이용하여 내외부의 냉각 시작온도를 제어함으로써 대형 제품의 냉각능을 개선할 수 있게 된다는 장점을 가지게 된다.

통상의 급냉열처리 방법은 진공 중에서 가압가스를 이용 퀘칭을 실시하고 있다. 특히 대형제품의 가압가스 퀘칭을 실시할 경우 내·외부의 냉각속도 차이로 내·외부 경도차이 발생과 변형이 심하게 된다. 진공로에 오일탱크가 부착된 경우 유면압 제어를 활용하여 변형과 경도 제어가 가능하다.

진공 중에서 오일소입의 냉각변수로는 오일종류,

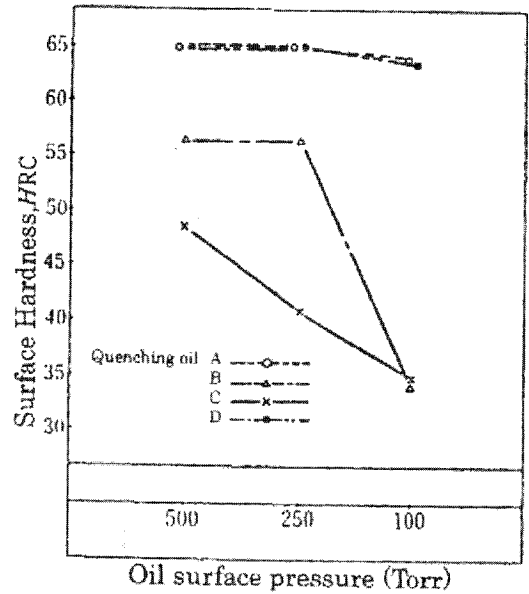


그림 3. SK3종의 오일종류 및 유면압에 따른 소입경도변화 곡선.

오일온도, 대류속도 및 소입조의 압력 등이 있다. 오일의 특성은 냉각특성에 많은 영향을 미치므로 오일의 선정 및 사용온도가 매우 중요한 요소가 된다. 그림 2에서는 소재별 CCT곡선을 보여주고 있다. 이러한 소재별 냉각곡선의 특성에 따라 오일을 선정하고 열처리 요구 특성에 맞게 냉각곡선을 결정하는 것이 중요한 요소가 된다. 한편, 진공 중에서는 상압에서와 달리 유면압을 조정함으로써 소입유의 냉각속도를 바꿀 수 있으므로 하나의 진공로에서 다양한 소재의 열처리가 가능한 또 다른 장점을 가지게 된다. 그림 3에서는 직경 50 mm의 SK3종 시험편을 4가지 종류의 오일의 유면압에 따른 냉각능 시험결과를 보여주고 있다. 오일의 종류에 따라 동일 유면압에서도 경화능이 달라지는 것을 알 수 있다[1].

일반적으로 자동차 부품의 열처리 특히, 기어와 샤프트, 베어링 등은 침탄열처리를 실시하는 경우 변형으로 인해 제품의 정밀도가 떨어져 소음 및 파손의 원인이 되는 경우가 있다. 따라서, 변형제어를 위해 염욕소입, 2단소입 등 다양한 냉각방법 활용에 대한 연구가 있다. 실제로, 최근 도요다자동차에서는 염욕대신에 연속로의 후단에 오일소입 진공냉각실을 만들어 유면압제어에 의한 미션기어의 열처리를 하고 있다[2].

Quenching oil	A(Oil temperature 20°C)
Austenitizing temperature	850°C
Sample	SUJ2(15.20.D X 12.5I.D X 5.1)
Processing capacity	34kg NET, 85kg GRS
Furnace used	VSQ-D·121830

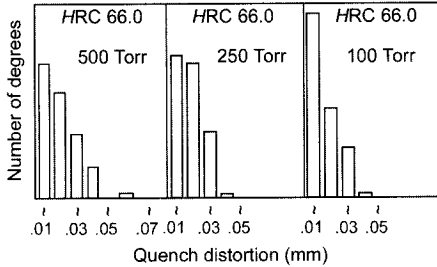


그림 4. SUJ2강종의 유면압에 따른 변형량 분포 곡선.

그림 4에서는 유면압을 변화시켰을 때 열처리시에 변형의 분포도를 나타내고 있다. 오일의 압력에 따라 변형분포도가 크게 차이가 나고 있음을 보여준다. 즉, 압력이 낮을수록 산포가 작아짐을 알 수 있다.

그림 5에서는 자동차부품에 자주 사용되는 SCM435강종의 CCT곡선과 제품의 냉각곡선을 표시하고 있다. 이것은 고온의 영역에서는 유면압이 낮아질수록 냉각속도도 낮아졌고, 베이나이트 영역에서는 냉각속도가 빨라졌음을 나타내는 것이다.

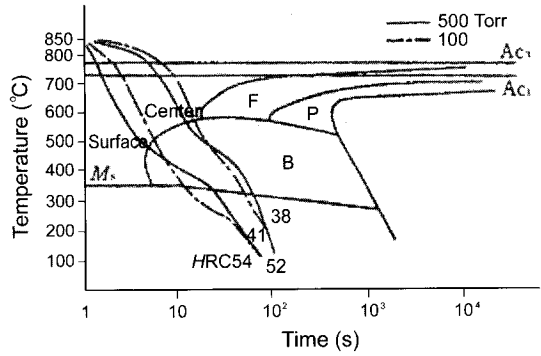


그림 5. SCM435강종에서의 유면압에 따른 냉각곡선의 예 (φ 50×L1000).

이는 유면압이 낮아지면 낮아질수록 냉각유의 특성점이 높아져, 대류가 일찍 일어남으로써 마르텐사이트 변태온도에 보다 빨리 도달되어 경도가 높아진다.

### 3. 금형에 유면압 제어 적용

프레스, 압출, 플라스틱 등 정밀 금형 제품의 진공에서 오일소입을 하는 경우 대형금형의 내·외부 소입능에 따른 제품의 변형 제어가 어느 정도 가능한

Time-Temperature Transformation Diagram

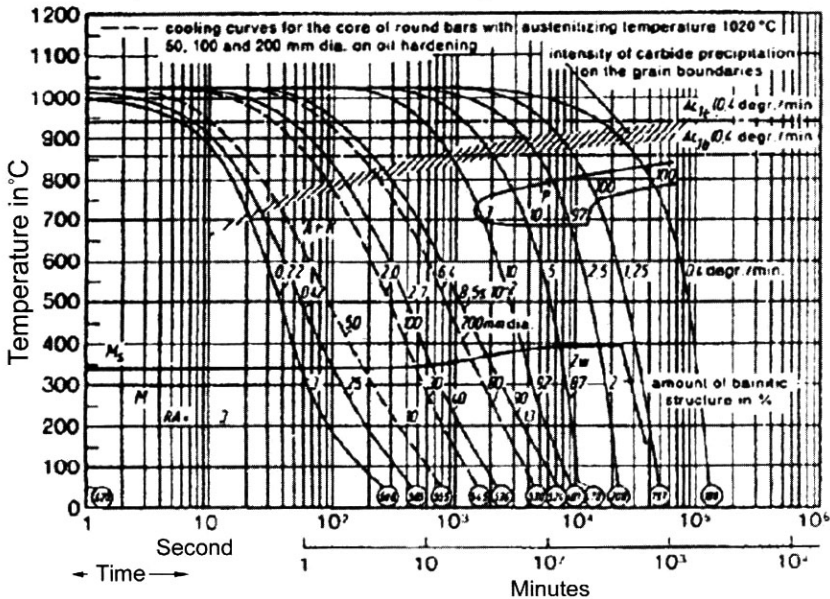


그림 6. STD61종 강종의 CCT곡선도.

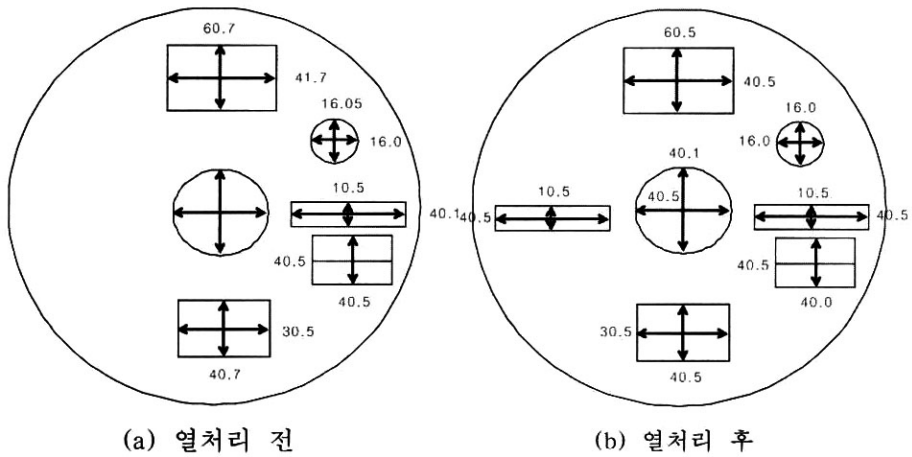
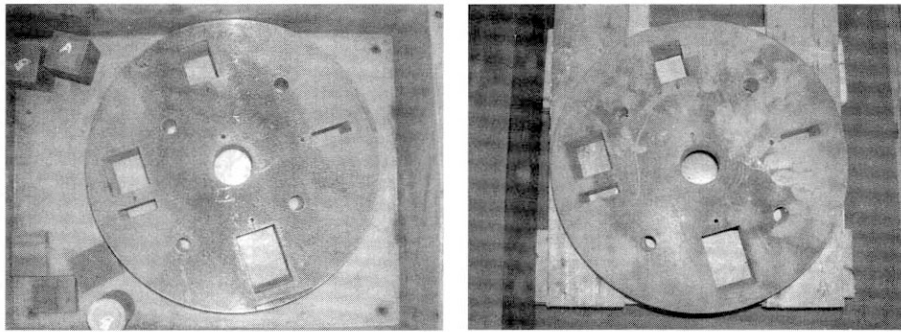
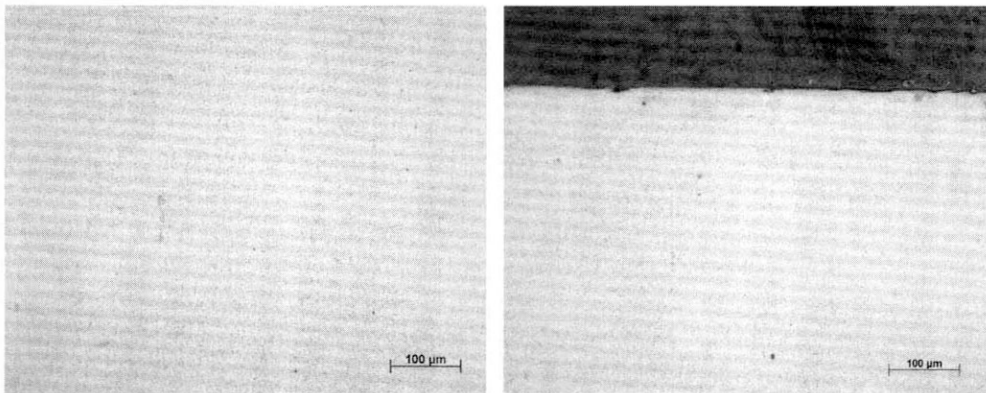


그림 7. STD61종 유면압 제어를 통한 금형의 열처리 전후 시제품과 변형량 측정 결과.



	Quenching	1st Tempering	2nd, 3rd Tempering
경도	51	54	48

그림 8. 유면압제어 도입한 STD61 금형의 내외부 조직 및 경도.

다. 그림 6은 STD61강종의 CCT도를 보여주고 있으며[3], 그림 7에서는 STD61강의 유면압제어를 활용한 금형의 열처리 예를 보여주고 있다. 이 경우 금형의 변형이 거의 없음을 알 수 있다. 금형의 열처리 전후의 변형 및 크랙발생이 전혀 없음을 알 수 있었다. 그림 8에서는 시험 금형의 내·외부 조직 및 경도를 보여주고 있다. 또한 조직관찰 결과 미세한 카바이드가 대형 금형의 내외부에 고르게 분포하게 되는 것을 알 수 있다. 이것이 미세하고 균일하게 퍼져 있음으로 인해 인성이 우수한 열처리조직을 만들고 있음을 알 수 있었다[4]. 한국생산기술연구원 열처리사업단에서는 열간금형의 수명향상의 목적으로 열처리시 변형최소화, 인성향상, 내마모성향상을 기하기 위하여 인상소입(베이나이트 구역을 급냉처리 하기 위해 먼저 유소입하여 금형 내부 온도가 Ms온도 직상에 달하면 인상하여 가스 냉각을 행함으로 서서히 상변태를 일으키는 방법), 유면압제어, 초 서브제로기술을 병용함으로 다이캐스팅 금형, 압출다이스, 열간단조 금형의 처리에 활용, 업계에 호응을 얻고 있다. 결국 유면압 제어와 인상소입기술에 의한 열처리는 변형제어에 매우 유리하며 오일의 특성을 잘 활용함으로 인해 조직제어와 제품의 수명

을 극대화할 수 있는 장점이 있다.

#### 4. 결 론

1. 유면압 제어를 통해 하나의 냉각오일로 냉각속도를 바꿈으로 다양한 냉각이 가능하다.
2. 오일의 종류선정 및 압력에 따라 소입경도가 달라진다.
3. 유면압이 낮아짐에 따라 대류단계에서 마르텐사이트의 시작온도에 보다 빨리 도달된다.
4. 인상소입 및 유면압 제어기술은 대형금형의 변형제어 및 수명향상 처리가 가능하다.

#### 참고문헌

1. M. Sugiyama 외 2, Influence of Oil Surface Pressure on Vacuum Oil Quench heat treatment, Vol. 24, No. 5, Oct. 1984.
2. 2004년 12월 한국생산기술연구원 열처리사업단 일본 출장보고서.
3. 강의 C.C.T와 T.T.T.선도집, 열처리기술자료, 삼원공업주식회사 편집, Dec. 1986.
4. 한국생산기술연구원 열·표면처리 자체기술자료.