

<論 文>

각종 담금제의 냉각성능에 관한 연구(Ⅱ)

— 鑛 · 植物性油의 냉각성능 평가 —

민 수 흥* · 구 본 권** · 김 상 열***

(1989년 1월 12일 접수)

A Study on the Coolingability of Several Quenchants (II)

— The Evaluation of the Coolingability of Mineral and Vegetable Quenching Oils —

Soo Hong Min, Bon Kwon Koo and Sang Yeoul Kim

Key Words : Coolingability(냉각성능), Quenching Effect(담금효과), Characteristics Temperature(특성온도), Film Boiling(막비등), Nucleate Boiling(핵비등), Cooling Rate(냉각속도), Quenching Oil(담금유)

Abstract

The laboratory quench method used in this study is based on plunging a silver cylinder heated to 800°C in to mineral oil and vegetable at given temperature. Experimental apparatus and measuring method followed Korean Inderstrial Standard. Colling curves at the boundary of the cylinder measured by a silver-alumel thermocouple is recorded throughout the quenching period. Using the cooling curves, the coolingability of the quenching oils at various temperatures were compared and discussed.

기 호 설 명

C : 비열(Kcal/°C)

H : 담금강열도(m⁻¹)

h : 열전달계수(W/m² °C)

k : 열전도계수(W/m °C)

Q : 열유속(W/m²)

s : 시편의 표면적(m²)

t : 시간(sec)

V_c : 냉각속도(°C/sec)

v : 시편의 체적(m³)

ρ : 밀도

θ : 온도(°C)

θ_s : 시편의 온도(°C)

θ_∞ : 냉각제의 온도(°C)

1. 서 론

담금액으로서의 기름은 물보다 냉각능력이 떨어지나 담금처리⁽¹⁾에 의한 재료의 變形 및 龜裂防止 등의 효과가 우수하기 때문에 공구강, 합금강 등의 열처리⁽²⁾에 이용된다.

기름의 특징으로는 식물성 기름이 광물성 기름에 비하여 특성온도(characteristic temperature) 및 대류단계 개시온도가 높아 우수한 냉각능력⁽³⁾을 가지고 있으나 반복사용시의 老化 및 經濟性의 측면에서 鑛物性油의 長點이 현저⁽⁴⁾하므로 최근에는 광물성유로 常用되고 있는 실정이다.

그러나 담금유의 냉각능에 관한 상세한 연구^(5,6)

*정회원, 인하대학교 공과대학 기계공학과

**서울산업대학 금형설계과

***한국기계연구소 정밀기계부

는 우리나라에서는 아직 미비한 상태에 있으나, 저자 등은 제 1보⁽⁷⁾에서 서술한 實驗裝置 및 銀試片을 사용하여 여러 鑛·植物性油의 냉각곡선을 구하고, 이로부터 냉각성능을 나타내는 파라미터들을 구하여, 객관적인 냉각성능을 평가하였다.

2. 실험방법 및 시료

실험장치, 실험방법 및 시편은 제 1보에서 사용한 방법과 동일하게 하였으며, 담금온도 800℃, 유량 1000ml로 일정하게 하고 교반은 행하지 않았다. 한편 담금유의 온도변화에 따른 냉각성능을 고찰하기 위하여 기름온도를 0℃로부터 120℃까지 20℃ 간격으로 증가시키면서 실험하였다. 냉각곡선은 직경 10mm은 원주 시편의 표면부에서 측정하

였고, 표면열전달률 및 담금강열도는 제 1보⁽⁷⁾와 동일하게 계산하였다.

한편 담금유는 광물성유로서 paraffinic mineral oil계의 2종류(이하 PM-1, PM-2로 함)와 paraffinic oil계의 2종류(이하 P-1, P-2로 함)를 담금유로 하였고, 식물성유는 시중에 판매되고 있는 콩기름(bean oil) 및 옥수수기름(corn oil)을 사용하였다. Table 1은 시료로서 사용된 담금유의 점도 및 비중을 각각 점도계(bookfield synchroelectric viscometer)와 비중계(막대식)를 이용하여 담금유 온도를 0℃부터 120℃까지 증가시켜 측정된 것이다.

한편 실험의 반복성과 재현성을 확인하기 위하여 KS M 2172에서 규정한 바와 같이 D.O.P. 표준액(Dioctyl Phthalate) 250ml를 80℃로 가열하여 냉각곡선을 측정하였을 때 특성온도가 500℃ 부근이

Table 1 Viscosity and specific gravity according to temperatures of used quenchants

Quenchants		Temperature (°C)						
		0	20	40	60	80	100	120
PM-1	Viscosity (Centipoise)	104.0	36.3	18.0	10.6	7.4	5.6	4.7
	Specific Gravity	0.861	0.854	0.840	0.827	0.813	0.803	0.795
PM-2	Viscosity (Centipoise)	81.0	34.2	16.0	9.8	6.5	5.4	4.7
	Specific Gravity	0.867	0.855	0.842	0.826	0.815	0.803	0.793
P-1	Viscosity (Centipoise)	140.0	46.0	21.4	12.1	8.3	6.4	5.1
	Specific Gravity	0.871	0.857	0.845	0.833	0.819	0.808	0.797
P-2	Viscosity (Centipoise)	140.0	56.0	21.2	10.6	7.7	6.4	5.0
	Specific Gravity	0.871	0.858	0.845	0.827	0.817	0.812	0.797
Bean Oil	Viscosity (Centipoise)	122.0	56.0	28.0	22.0	12.7	8.7	7.1
	Specific Gravity	0.932	0.919	0.906	0.894	0.877	0.868	0.854
Corn Oil	Viscosity (Centipoise)	162.5	60.0	30.4	20.0	12.0	8.6	7.2
	Specific Gravity	0.934	0.916	0.902	0.893	0.875	0.863	0.854

되는 것을, 또한 800°C에서 400°C까지의 소요냉각 시간은 4.5초 이내인 것을 확인하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 鑛物性 담금油

Fig. 1은 paraffinic mineral oil을 주성분으로 한 PM-1을 0°C에서 120°C까지 변화시켰을 때의 냉각곡선을 도시한 것이다. 100°C까지는 기름의 온도가 상승함에 따라 점도는 낮아지므로 냉각은 빠르게 진행된다. 한편 그 이상의 온도에서는 담금초기에 기름표면이引火되어 기름의 분자구조가 변화 및 국부적인 절연 polymer 형성으로 대류단계의 개시 온도가 높아져서 핵비등 단계가 매우 짧아진다.

특성점은 600°C 부근에서 나타나고 있으며, 기름의 온도가 상승하여도 큰 차이를 나타내지 않는다.

Fig. 2는 PM-1의 온도변화에 따른 냉각곡선을 이용하여 시편표면온도 100°C마다 강하하는데 걸리

는 시간으로부터 구한 냉각속도를 도시한 것이다. 냉각초기단계인 막비등 단계에서는 시편표면에 유막이 형성되어 낮은 냉각속도를 가지며, 이후 油膜이 파손되면서 냉각속도는 점차 빨라져 핵비등 단계인 500°C 부근에서 최대의 냉각속도를 보이고 있으며, 이후 대류단계로 들어가며 냉각속도는 느려짐을 알 수 있다.

Fig. 3은 PM-1의 온도변화에 따른 열전달률, 담금강열도 등의 냉각성능 파라미터들을 시편표면온도에 대하여 도시한 것이다. 초기냉각단계에서는 비교적 낮은 냉각성능값을 가지며, 점차 증가하다가 핵비등 단계인 500~400°C에서 최대의 냉각성능값을 가지게 됨을 알 수 있다. 이후 냉각이 매우 느리게 진행되는 대류단계로 갈수록 냉각성능치들이 급격히 저하됨을 알 수 있다.

Fig. 4는 PM-2의 온도변화에 따른 냉각곡선을

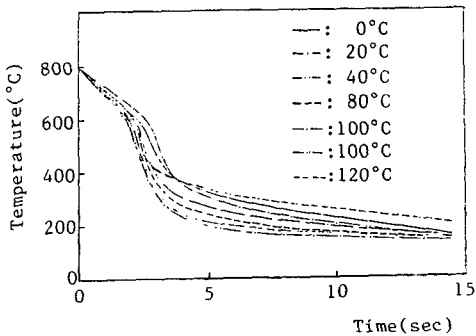


Fig. 1 Cooling curves during quenching from 800°C into the mineral oil of PM-1 at various temperature

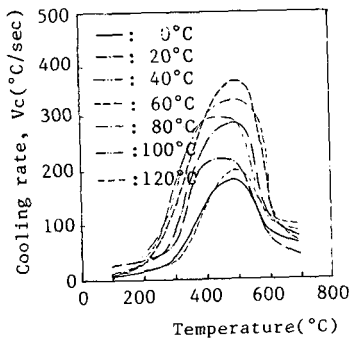


Fig. 2 Cooling rate curves during quenching from 800°C into the mineral oil of PM-1 at various temperature

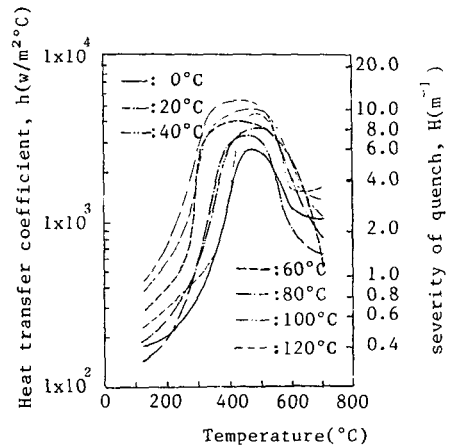


Fig. 3 Coolingability (h, H) curves in mineral oil of PM-1 at various temperature

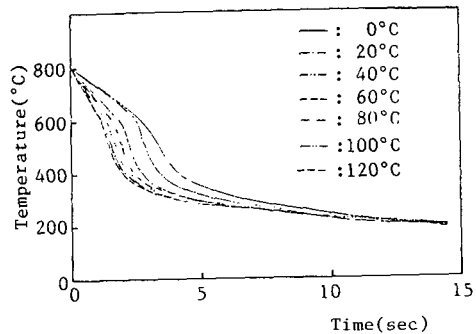


Fig. 4 Cooling curves during quenching from 800°C into the mineral oil of PM-2 at various temperature

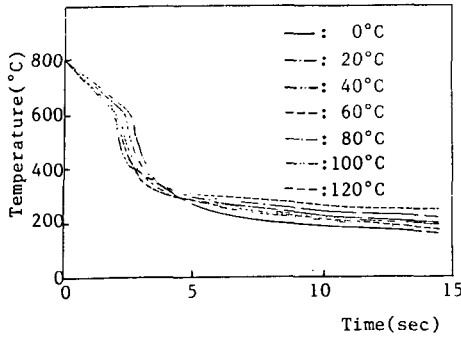


Fig. 5 Cooling curves during quenching from 800°C into the mineral oil of P-1 at various temperature

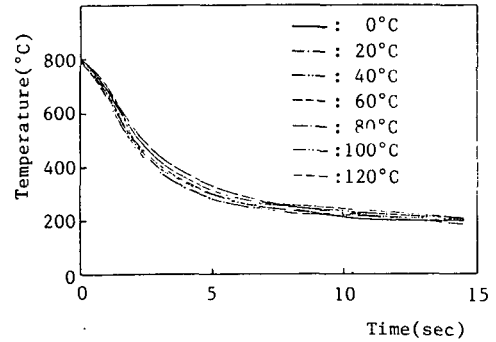


Fig. 7 Cooling curves during quenching from 800°C into the bean oil at various temperature

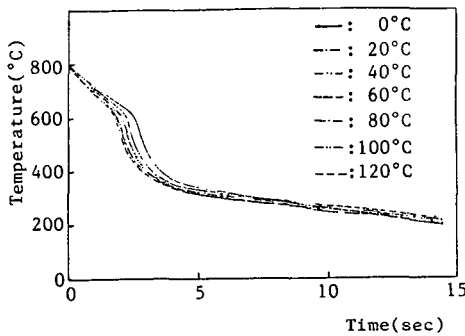


Fig. 6 Cooling curves during quenching from 800°C into the mineral oil of the P-2 at various temperature

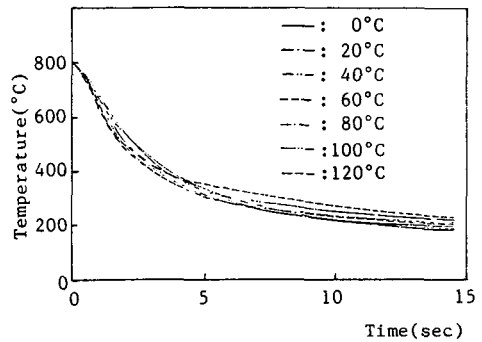


Fig. 8 Cooling curves during quenching from 800°C into the corn oil at various temperature

나타낸 것이다. 기름의 온도가 상승함에 따라 냉각이 점차 빨리 진행되는 양상을 보여주며, 기름의 초기온도 60°C일 때 가장 냉각이 빠르게 되고 있다. 그러나 기름온도가 80°C 이상이 되면 오히려 냉각이 늦어짐을 알 수 있다.

Fig. 5 및 Fig. 6은 P-1과 P-2의 온도변화에 따른 냉각곡선을 상호 비교한 그림으로서 油溫이 상승함에 따라 粘度 및 여러 物性值의 영향으로 유막단계의 감소로 점차 빠른 냉각속도를 보여주어 60~80°C의 경우 가장 우수한 냉각능을 나타내고 100°C 이상에서는 점차 감소하고 있다.

3.2 植物性 담금油

Fig. 7은 식물성 담금유인 콩기름의 온도변화에 따른 냉각곡선을 도시한 그림이다. 막비등 단계가 매우 짧고, 특성점이 명확하게 구분되지 않으며, 또한 기름온도의 변화에 따른 냉각시간의 차이가

거의 없음을 알 수 있다. 콩기름의 냉각성능은 점도 등의 면에서 볼 때 광물성 기름보다 냉각능이 우수하게 나타나는데 이것은 分子極性의 영향으로서 카루복실基를 가지고 있는 극성이 많기 때문이다.

Fig. 8은 옥수수기름의 온도변화에 따른 냉각곡선을 도시한 것이다. 기름의 온도가 상승함에 따라 냉각이 점차 빠르게 진행되나, 100°C 이상에서는 오히려 냉각이 늦어짐을 알 수 있다.

초기냉각단계에서는 높은 냉각속도를 나타내는 것은 콩기름과 유사한 경향을 보여주고 있으며 기름온도의 상승에 따른 변화는 극히 미세하다.

3.3 鑛物性과 植物性 담금유의 冷却性能 比較

油性 담금제의 경우 일반적으로 대류단계 개시온도가 높고 특히 분자량이 큰 기름에서는 특성온도

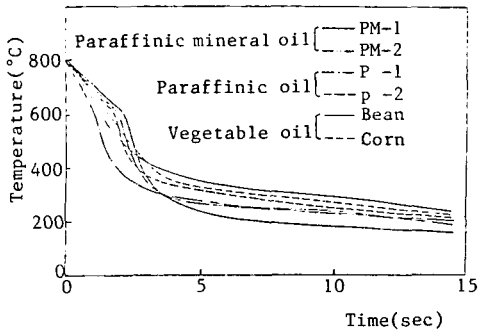


Fig. 9 Cooling curves during quenching from 800°C into mineral oils (PM-1, PM-2, P-1, P-2) and vegetable oils (corn oil, bean oil) at 60°C

가 고온부로부터 이동하여 400°C 혹은 그 이상에서 대류단계를 진입하는 종류도 종종 나타난다. Fig. 9는 담금유 온도 60°C일 때 PM-1, PM-2, P-1, P-2의 냉각곡선을 시간경과에 따라 도시한 그림으로서 주성분이 같은 광물유의 기름에서는 점도가 낮은 순서로 냉각이 빠르게 이루어지며 식물성유의 경우는 광물성유에 비교하여 핵비등 단계의 상대적 감소와 대류단계 개시온도상승이 주된 요인이라 사료된다. 또한 광물성유에 비하여 식물성유는 명확한 특성점이 나타나지 않아 각 냉각단계의 구분이 불명료한 특징도 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 제 1보⁽⁷⁾에서 사용한 실험장치를 이용하여 광물성유 및 식물성유를 이용하여 기름온도를 변화시키며 측정된 냉각속도, 열전달계수 및 담금강열도 등을 구하고, 담금유의 온도변화에 따른 냉각성능을 비교, 평가하였다. 실험으로부터 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 鑛物性油에서는 강의 임계구역인 펄라이트 변태구역(500°C 부근)에서 약 30~45°C/sec로 최대의 냉각속도를, 마르텐사이트 변태구역(250°C~300°C)에서는 50°C/sec 이하의 매우 낮은 냉각속도를 나타내었다.

한편 植物性油에서는 막비등 단계가 매우 짧고 특성온도가 거의 담금온도까지 상승하기 때문에 광물성유에 비하여 담금초기에 높은 냉각속도를 나타

내고 대류단계 개시온도가 높게 나타나며 기름의 온도가 상승하여도 냉각속도는 크게 변화하지 않는다.

(2) 담금유의 온도가 100°C 이상의 고온이 되면 기름표면이 인화되어 기름의 分子構造가 변화되기 쉽고 오히려 냉각이 느리게 진행되므로 실제 열처리 작업에서는 담금유의 온도가 60~80°C일 때 높은 냉각성능을 얻을 수 있다.

(3) 동일한 base oil계에서는 담금유의 온도가 동일할 때, 점도가 낮은 기름에서 냉각이 더욱 빠르게 진행되며, 핵비등 단계가 짧아지고, 대류단계 개시온도가 높아진다.

그러므로 냉각성능 측면에서는 식물성유가 광물성유보다 담금효과가 우수할 것으로 판단되지만, 再現性, 老化 및 經濟的 측면에서는 광물성유에서 더 많은 장점이 나타났다.

후 기

본 연구는 한국과학재단의 연구비에 의한 결과이며 이에 謝意를 표하는 바이다.

참 고 문 헌

- (1) 機電研究社 編輯部, 1982, 鋼의 熱處理, 機電研究社, pp. 15~27.
- (2) 민수홍, 1985, "담금액 냉각성능 시험방법의 평가", 인하대학교 산업과학 기술연구소 논문집, 제13집, pp. 23~30.
- (3) 多賀谷, 田村, 1952, "燒入冷却劑の研究(第7報)鑛物性油の冷却能", 日本金屬學會誌, 第17卷, 第5號, pp. 217~220.
- (4) 藤村全戒 外, 1964, 鑛物油, 菜種油及び脂肪酸エステルの混合油の燒入效果について鐵と鋼, 第8號, pp. 1188~1195.
- (5) Grossmann, M.A., 1952, "Elements of Hardenability", ASME, p. 74.
- (6) Giger, G.H., 1972, Transfer Phenomena in Metallurgy, pp. 290~298.
- (7) 민수홍 등, 1989, "각종 담금제의 냉각성능에 관한 연구(제1보)—물을 주성분으로 한 담금제의 냉각성능 평가", 대한기계학회논문집, 第13卷, 第3號, pp. 411~418.