

가스 퀘칭을 적용한 자동차 부품

정인상

경북대학교

Quenching Steel Parts in 20-bar Helium*

In-Sang Chung

Dept. of Metall. Eng. Kyungpook National Univ. Taegu, 702-701, Korea

1. 머리말

강재를 급랭하여 강화 시키는 기술은 적어도 이미 1000년 이상 이용된 것이다. 그럼에도 불구하고 학문적으로나 경제적으로 퀘칭 기술의 최적화는 오늘날도 아주 중요하다. 따라서 이 자료에서는 지금까지 사용된 냉각 매체를 대신하는 가스 퀘칭의 유용성에 관해 설명한다.

Table 1에 오일 퀘칭과 가스 퀘칭의 장점의 정성적인 비교를 하여 놓았다. 표에서 알 수 있듯이 총체적으로 유지 관리, 경제성, 작업자의 건강, 안전 및 환경에 까지 가스 퀘칭이 유리하다. 그러므로 가스 퀘칭이나 진공 열처리와 가스 퀘칭을 조합시킨 열처리가 왜 지금까지의 염욕이나 수용성 고분자, 오일 냉각 및 수냉 퀘칭을 급속하게 대체하고 있는가를 알 수 있을 것이다.

2. 가스 퀘칭 기술

질소(N₂)나 때로는 아르곤(Ar)을 이용하는 4-10 bar 범위의 전형적인 중급 가스 퀘칭은 냉간, 열간 및 고속도 공구강에 20여년간 성공적으로 이용되어 왔다. 이러한 강종에서는 거의 완전히 가스가 다른 냉각 매질을 대체한 것이다.

그러나 최근까지도 저합금강이나 박스 경화형 강재의 경화에는 가스 퀘칭이 거의 이용되지 못하였다. 그 이유는 퀘칭 가스의 열적 성능이 아주 낮기 때문이었다.

그러나 오늘날에는 가벼운 가스의 이용이나 무거운 가스인 경우에도 압력과 속도를 크게하여 퀘칭의 강도를 높일 수 있게 되었다. 따라서 이와 같은 고압 가스 퀘칭(high pressure gas quenching, HPGQ) 처리가 오일 퀘칭 경화하던 저합금강이나 진공 침탄강에 까지도 적용되고 있는 실정이다. 이 자료에서는 10 bar 이상의 고압 가스 퀘칭에 관해서 설명하기로 한다.

3. 가벼운 가스의 선택

10-20 bar 범위의 압력 범위에서는 주로 질소나 헬륨

그림 1. 진공 침탄 처리 후 20 bar의 헬륨 가스로서 퀘칭된 자동차 트랜스미션 싱크로나이저 링. 표면 탄소농도 0.69 - 0.77%, 0.35% C 까지의 깊이는 0.5-0.6 mm. 장입물 치구의 크기는 600 × 600 × 900 mm.

*이 자료는 Advanced Materials & Processes(ASM international) 4(2000) H23에 수록된 내용이다

Table 1. 오일 켄칭과 가스 켄칭의 비교>(*이 양호)

인자	오일	가스
켄칭 강도	*	
켄칭 균일도		*
켄칭 조절 정도		*
켄칭 재현성	동일	동일
변형 조절		*
켄칭 잔류응력		*
켄칭 냉매 안정도		*
유지 및 관리		*
건강 및 안전성		*
환경 친화성		*
설비의 경제성	*	
공정의 경제성		*

Table 2. 켄칭 가스의 열적 성질.

성질	밀도, kg/mm ³	비열용량, kJ/kg.K	열전도도, 10 ⁻⁴ W/m.K	특징
알곤, Ar	1.6687	0.5024	177	불활성
질소, N ₂	1.170	1.041	259	불활성
헬륨, He	0.167	5.193	1500	불활성
수소, H ₂	0.0841	14.3	1869	폭발성

가스가 켄칭 가스로서 이용된다. 장점이 크게 없기는 하지만 이 두 가스를 혼합하여 이용하기도 한다. 또 알곤이나 수소 가스도 사용될 수 있을 것이다. 이들 가스의 열적 성질은 Table 2에서 알 수 있는 대로 그들의 비중량(specific weight)에 반비례한다. 즉 무게가 가벼운 가스일수록 비열용량이 크며, 열전도도가 좋다. 수소

가 가장 우수하다. 그러나 알곤이나 질소 및 헬륨은 불활성 가스인 반면, 수소는 산소와 조금이라도 섞이면 폭발할 위험이 있다. 단위 체적당의 비용으로 따지면 헬륨이 가장 비싸고, 알곤, 수소, 질소 순이 된다.

무거운 gas와 가벼운 gas를 비교하여 보자. 가스의 켄칭 강도는 상대적인 열전달 계수로서 비교할 수 있다. 그림 2(a)는 가스 압력이 증가하면 얼마나 켄칭 강도가 증가하는가를 보여 주고 있다. 오일 정도의 켄칭 강도를 얻으려면 가스의 압력을 높여 주어야 한다.

그림 2(b)에서는 가스를 순환시키는데 사용되는 장치에 필요한 에너지를 가스의 밀도와 압력의 함수로서 나타내고 있다. 상대적으로 밀도가 높은 질소가 헬륨이나 수소가스의 순환에 필요한 것의 몇 배의 힘이 필요한 것을 알 수 있다. 이 힘의 대부분은 가스 중에서 열로 바뀌게 된다. 이것은 제거되어야 마땅하며, 강제로부터 빼앗아야 할 열에 보태지게 된다.

가스의 켄칭 강도를 증대 시키는 또 다른 방법은 가스의 속도 증가이다. 여기서도 마찬가지로 무거운 가스의 순환에 더 많은 에너지가 소요된다. 더구나 무거운 가스가 빠르게 순환되면 장비된 부품 주위에서 가스의 압력 차이가 발생하여 부품의 냉각이 각 부분에 따라 불균일하게 될 것이다.

그러므로 켄칭 속도와 균일성을 확보하기 위한 최적 켄칭 조건을 열거한다면 다음과 같다.

- 가벼운 가스를 선택할 것
- 가스의 속도를 낮게 선택할 것
- 경도가 충분히 얻어지는 켄칭 압력을 선정할 것

그림 2. 수소가 이상적이긴 하지만 폭발의 위험성이 있으므로 헬륨이 좋다. (a) 가스 압력이 높아지면 켄칭 강도 증가, (b) 가스 순환에 소요되는 에너지는 가스 밀도와 압력이 높아지면 같이 증가.

그림 3. 헬륨을 회수하기 위한 재활용 시스템.

그러나 이상적인 퀴칭 가스인 수소는 산소와 접촉하면 폭발하기 때문에 현재로서는 사용되지 않는다. 그 다음으로 좋은 것은 헬륨이다. 헬륨은 불활성이고 귀하기 때문에 아주 비싸다. 따라서 이 가스를 사용하려면 퀴칭 후 공기 속으로 내버리지 않고, 반드시 회수해야만 한다. 그러한 재활용 시스템의 예가 바로 그림 3이다.

4. 고압 가스 퀴칭의 제어 인자

여러 인자들이 가스 퀴칭 열처리 부품의 최종적인 조직과 경도 및 변형에 영향을 준다.

- 강제 인자 : 조성, 형상(모양과 크기), 중량 및 이전의 열처리
- 장치 인자 : 가스 주입 방식(교차 또는 표면 주입), 팬 체적과 압력 손실, 열 교환기 및 처리품의 적재 형태

- 냉매 인자 : 가스의 종류, 압력, 속도 및 가스 주입의 형태

가스는 액체 냉매와 비교할 때 더 유동적이며 쉽게 움직이는 매질이다. 따라서 여러 압력과 속도로 조절할 수가 있다. 이 고압 가스 퀴칭을 적용하는 공정에는 열처리 공정관리에 반드시 가스의 압력과 속도까지 다른 변수와 결합되어 제어하도록 열처리 공정계획에 포함되어 있다.

가스 퀴칭의 주요한 장점은 부품의 냉각이 균일하다는 데 있다. 냉각 중 액에서 기화되는 현상이 일어나 열 전달이 바뀌는, 소위 상변태가 수반되는, 액체 냉매 속에서는 불균일한 퀴칭이 일어날 수 있다. 그러나 가스 퀴칭에서는 매질에 이러한 상변태가 없기 때문에 아주 균일한 냉각을 얻을 수 있다. 이 때문에 오일 퀴칭보다 가스 퀴칭에서의 부품 변형이 아주 작아지게 된다. 이

그림 4. 고압 가스 퀴칭을 위해 한 개의 콜드 챔버를 가진 4 챔버 진공로.

러한 변형은 가스를 가볍고, 고압으로 속도를 느리게 하면 더욱 줄일 수가 있다.

5. 콜드 챔버 퀴칭

챔버가 하나뿐인 진공로에 고압가스 퀴칭 설비를 갖춘 장치가 널리 사용되고 있다. 단일 챔버이기 때문에 가스 퀴칭 중에는 강재 부품과 가열로도 동시에 냉각된다. 이러한 설비에서는 장치의 수명이 짧아지고, 강재 부품을 가열하는데 더 많은 시간이 소요된다. 그러나 여러 챔버를 사용하게 되면 이러한 문제는 해결될 수 있다. (그림 4) 고온 공정과 저온 공정이 분리되어 있으므로 효율이 높아진다. 시설 내부의 강재 운반장치가 부품을

고온 챔버에서 저온 챔버로 옮기고 차단 벽이 서로 다른 분위기의 챔버를 구분 하도록 되어 있다. 이처럼 고온 챔버 외에 콜드 챔버를 채용하면 퀴칭 속도를 높일 수 있고, 그림 5에서 알 수 있는 것처럼 냉각속도도 약 30% 가량 빨라진다고 한다.

6. 자동차 부품에의 적용

콜드 챔버를 채용한 가스 퀴칭 기술은 유럽 등지에서 저합금강이나 케이스 경화강들의 진공 칩탄 처리와 고압가스 퀴칭을 결합시킨 처리로 크게 발전하고 있다. 특히 자동차 부품과 트러 엔진 부품에 적용되며 그림 1 이 그 예이다.

그림 5. 여러 개의 챔버를 가진 진공로의 경우가 냉각 속도가 훨씬 빠르다. 시험 재료는 직경 12.5 mm의 Ni base 600 합금.

그림 6. 변형(뒤틀림)의 비교: (a)오일 퀴칭 한 것 50개, (b)공 고압가스 퀴칭한 것.

이들 자동차 트랜스미션 싱크로나이저 링 부품들은 8개의 챔버를 가진(진공 챔버, 3개의 가열 챔버, 침탄 챔버, 확산 챔버, 오스테나이트화 챔버, 켄칭 챔버)설비에서 처리 된다. 320-360 개의 링이 9층으로 장입되며, 20 bar의 헬륨 가스로서 처리되며, 총 사이클 시간은 단지 20분이다.

보통의 오일 켄칭 처리와 비교할 때, 링의 변형과 뒤틀림이 아주 줄었으며, 그 때문에 그 이후의 기계가공 공정이 훨씬 줄어들었다. 두 공정의 원형 유지(Ovality) 자료가 그림 6에 비교되어 있다.

다른 트랜스미션 부품들이나, 선 기어, 링 기어, 피니언과 차축 등도 이 방법으로 생산되고 있으며, 칭 잔류 응력도 없고, 표면 산화도 거의 없다. 특히 경도의 균일성은 탁월하다.

7. 장점들

오일 켄칭에 비해 이 방법의 장점을 열거하면 다음과 같다.

- 가스의 종류와 압력 및 속도를 선택함으로써 켄칭 강도를 선택할 수 있다는 점.
 - 단일 상에서 열을 제거하게 됨으로써 켄칭이 균일하게 이루어지는 점
 - 켄칭 후 변형(뒤틀림)이 아주 작아지는 점
 - 부품이 켄칭 후도 깨끗하고 건조해서 세척이 필요 없는 점
 - 환경 오염이 거의 없는 점(쓰레기가 나오지 않음)
- 다른 가스와 비교해서 헬륨은 밀도가 낮고, 안전하며, 보관하기 쉽고, 재활용을 한다면 경제적이다.