

SKD11합금의 심냉처리와 질화처리에 대한 영향

김정훈 · 김기선 · 김선화

순천향대학교

The effect of subzero treatment and gas nitration on SKD 11

JeongHoon Kim · GiSeon Kim · SeonHwa Kim

Soonchunhyang University

Abstract

SKD11은 자이로 펌프의 로타와 붓심 재질로 사용되는데, 자이로펌프는 임펠러의 회전이 없고 원판의 기울기 운동으로 흡입과 토출을 반복하는 고압용적식 펌프이다. 이 펌프의 내구성을 향상시키기 위하여 우수한 내압성과 내마모성을 갖는 재질선택이 요구한다. 따라서 현재 가장 널리 사용되고 있는 SKD11에 심냉처리를 통하여 미세조직의 개선을 수행하였고, 가스질화처리에 의한 표면경화로 내압성과 내마모성을 증가시키고자 하였다. SKD11의 미세조직 변화를 조사하기 위하여 광학현미경과 X-선 회절기를 사용하여 미세조직 관찰과 상변화를 조사하였으며, Rockwell 경도기를 사용하여 각 변수에 따른 경도변화를 조사하였다. 연구 결과 기지조직은 모두 마르텐사이트로 나타났으며, 이 이외에 각각의 조건에 따라 크롬탄화물, PFZ, 잔류오스테나이트가 확인되었다. SKD11을 액화질소로 냉각한 후 500℃에서의 템퍼링으로 가장 큰 경도값을 얻을 수 있었다. 또한 가스 질화처리에 의하여 표면경도를 크게 증가시킬 수 있었다.

1. 서론

자이로 펌프는 임펠러의 회전이 없고 원판의 기울기 운동으로 흡입과 토출을 반복하는 고압용적식 펌프이다. 회전원리에 의한 펌프 보다 원판의 마찰거리가 짧아 동력비의 절감을 가져올 수 있고, 펌프의 수명도 연장되는 장점이 있다. 그리고 축을 2단 처리하여 로타의 정확한 기울기 운동을 보완하여 주고, 로타의 급격하고 과도한 충격을 완충할 수 있다. 그리고 처리 물성에 따라 접액부의 재질을 최적의 재료로 선정하여 적용할 수 있는 장점이 있는 펌프로 경쟁력이 있는 제품이다. 이러한 펌프는 많은 산업 분야에서 널리 사용되는 산업기기 중의 하나이다. 따라서 경쟁력 있는 펌프의 개발은 우리나라의 산업 발전 및 에너지절약에 크게 기여할 수 있다. 펌프는 축

산분뇨, 폐수처리, 수처리, 주조공장의 주물사 처리 등에 사용되므로, 입자에 의한 부식, 산에 의한 부식 등에 의하여 내구성에 문제가 남아있고, 고압에서 사용되므로 재료의 내압성이 큰 문제로 대두되고 있다. 그리고 펌프의 특성 상 회전에 의한 맥동 현상으로 소음이 발생하여 전기에너지와 재질의 기계적 특성 감소를 가져온다. 따라서 고부가가치의 펌프 개발을 위하여는 사용재료의 기계적 성질 향상이 필수적인 과제이다. 특히 로타와 붓심은 내마모성과 내압성을 요구하는 부품으로 현재 내마모재료로 가장 널리 사용되는 SKD11과 질화강이 사용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 펌프의 내구성을 좌우하는 로타와 붓심 재질을 개선하기 위하여 크롬탄화물과 마르텐사이트조직에 의한 강화재료인 SKD11을 선정하여 미세조직을 제어하고자 하였다. 이를 위

하여 심냉처리에 의한 미세조직의 변화를 관찰하였고, 내압성과 내마모성의 향상을 위하여 가스질화처리를 행하여 표면변화를 조사하였다.^{1) 2)}

2. 실험방법

1. 시편준비 및 심냉처리

봉형태의 SKD11를 두께 100mm 크기로 절단하여 열처리 온도 1030℃에서 1시간 동안 유지한 후 각각 공냉, 드라이아이스, 액화질소를 사용하여 냉각처리를 행하였다. 또한 시편의 잔류오스테나이트 변화를 조사하기 위하여 200℃, 300℃, 500℃에서 각각 30분씩 템퍼링하였다.

2. 가스질화처리

표면경도 변화를 조사하기 위하여 각각의 시편을 암모니아 분위기 속에서 520℃로 가열하여 72시간 동안 가스질화처리를 수행하였다.

3. 미세조직관찰 및 상변화 조사

시편을 Nitai 용액으로 부식시킨 후 광학현미경으로 미세조직을 관찰하고, X-선 회절기를 사용하여 각 변수에 따른 상변화를 조사하였다.

5. 경도변화관찰

각각의 시편에 대한 경도변화를 Rockwell 경도기를 사용하여 C scale로 경도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 공냉한 시편의 미세조직

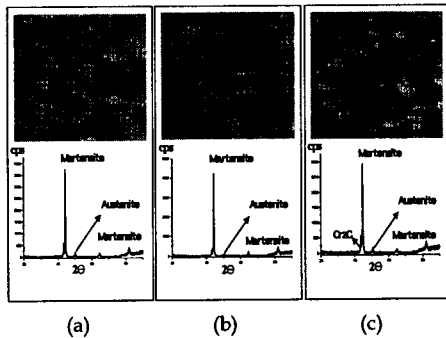


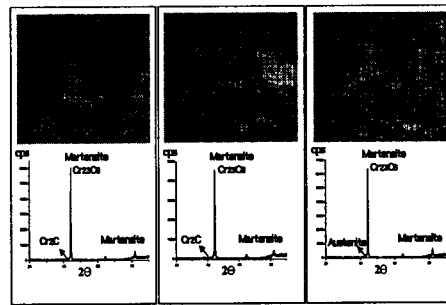
그림 1. 1030℃에서 1시간 열처리한 후 냉각시킨 SKD11합금의 미세조직과 XRD peak

(a)500℃tempering (b)300℃tempering (c)200℃tempering

1030℃에서 열처리한 후 공냉한 시편을 200℃, 300℃, 500℃에서 템퍼링한 시편의 미세조직을 그림 1에 나타내었다. 우선 X-선 회절 실험 결과를 보면 모든 시편의 기지조직은 마르텐사이트로 확인되었고, 매우 작은 강도의 오스테나이트 피크가 검출되고 있는데, 이것은 1030℃에서 냉각될 때 냉각속도가 충분하지 않아 잔류오스테나

이트가 소량 나타나고 있는 것을 알 수 있었다. 광학현미경 사진으로 미세조직을 관찰한 결과 기지조직은 침상의 마르텐사이트로 관찰되었다. 200℃, 300℃, 및 500℃에서 템퍼링한 시편의 조직은 전체적으로 유사하게 나타나고 있는데, 크롬 탄화물이 불규칙한 형태로 관찰되고 있으나 X-선 회절 결과에서는 피크가 검출되지 않은 것은 부피분율이 작았기 때문이다.³⁾ 또한 템퍼링 온도가 200℃, 300℃에서 500℃로 증가함에 따라 석출물의 크기가 성장함에 따라 석출물 주변에 PFZ의 영역이 증가하고 있는 것을 알 수 있었다.

3.2. 드라이아이스로 냉각한 시편의 미세조직



(a) (b) (c)

그림 2. 1030℃에서 1시간 열처리한 후 드라이아이스로 심냉처리한 SKD11합금의 미세조직과 XRD peak

(a)500℃tempering (b)300℃tempering(c)200℃tempering

1030℃에서 열처리한 후 드라이아이스로 심냉처리한 후 200℃, 300℃, 500℃에서 템퍼링한 시편의 미세조직을 그림 2에 나타내었다. 이들 미세조직을 그림 1의 공냉한 미세조직과 비교해보면 잔류오스테나이트가 X-선 회절 결과에서 거의 검출되지 않았고, 미세조직에서도 잔류오스테나이트가 관찰되지 않았다. 이것으로 보아 냉각속도가 1030℃에서 냉각할 때 마르텐사이트 생성에 충분하였고, 템퍼링에 의해서도 큰 변화가 일어나지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 이들 시편에서는 공냉한 시편과는 달리 X-선 회절 결과에서 크롬탄화물이 검출되고 있다. 크롬탄화물은 주로 Cr₂₃C₆, Cr₂C의 형태로 생성되어 있는 것으로 나타났다. 그리고 500℃에서 템퍼링한 시편을 제외하고 PFZ의 영역도 나타나고 있지 않았다.이것으로 미루어 경도 값도 공냉의 경우와 비교해 큰 값을 가질 것으로 예상할 수 있다. 그리고 200℃, 300℃, 500℃로 템퍼링온도가 증가함에 따라 크롬 탄화물의 수와 크기가 증가하고 시편의 미세조직이 균일하였다.

3.3. 액화질소로 냉각한 시편의 미세조직

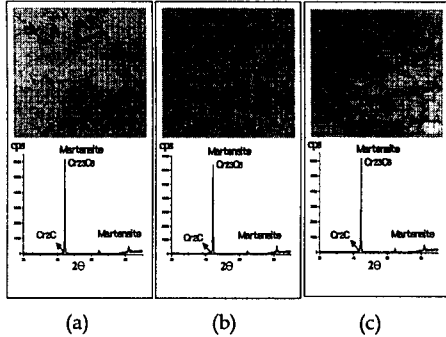


그림 3. 1030℃에서 1시간 열처리한 후 액화질소로 심냉처리한

SKD11합금의 미세조직과 XRD peak

(a) 500℃ tempering (b) 300℃ tempering (c) 200℃ tempering

SKD11을 1030℃에서 열처리한 후 액화질소로 냉각한 시편을 200℃, 300℃, 500℃에서 템퍼링한 미세조직을 그림 3에 나타내었다. 이들 미세조직을 그림 1과 그림 2의 미세조직과 비교해보면 잔류오스테나이트와 PFZ 영역이 나타나지 않고 있는 것을 알 수 있다. 액화질소에 의한 냉매로 인하여 충분한 냉각속도가 얻어져 미세조직이 마르텐사이트와 크롬탄화물로 이루어진 것을 알 수 있다. 200℃, 300℃, 500℃에서 템퍼링처리는 미세조직의 안정화에 기여한 것으로 추정된다. 따라서 마르텐사이트 조직을 생성시키기 위한 충분한 냉각속도를 얻기 위하여는 냉매로 액화질소를 사용하는 것이 최적임을 알 수 있었다. 이들 시편에서도 위에서 나타난 것과 같은 크롬탄화물 Cr₂₃C₆, Cr₂C이 분포되었다. 그리고 500℃에서 템퍼링처리한 미세조직의 경우 균일하고 치밀한 마르텐사이트기지 조직에 크롬탄화물이 균일하게 분포한 것을 볼 수 있다. 따라서 큰 경도 값을 가질 것으로 유추할 수 있다.

3.4 심냉처리한 SKD11의 경도변화

그림 4는 SKD11을 심냉처리한 후 각각의 온도에서 템퍼링한 시편의 경도변화를 Rockwell Hardness Tester로 측정된 경도치를 그래프로 나타낸 것이다. 위 그래프에 나타난 것을 정성적으로 보면 냉각방법에 따라서는 공냉, 드라이아이스, 액화질소의 순서로 경도치가 증가하였다. 이것은 냉각속도의 증가에 따라 PFZ의 영역이 감소하고 마르텐사이트와 크롬탄화물의 양이 증가하였기 때문이다. 또한 200℃, 300℃, 500℃로 템퍼링온도가 증가함에 따라 경도치가 증가하고 있는 것은 크롬탄화물의 생성과 크롬탄화물의

크기가 성장하기 때문인 것을 미세조직으로 확인할 수 있었다.⁵⁾

그러므로 우수한 SKD11의 미세조직을 얻기 위하여 충분한 냉각속도를 얻을 수 있는 액화질소를 사용하고 500℃ 정도에서 템퍼링을 행하여 미세조직의 안정화를 주는 것이 최적임을 알 수 있었다.

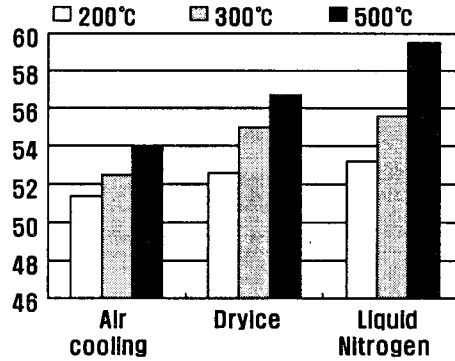


그림 4. 냉각방법에 따른 SKD11합금의 경도변화

3.5 가스질화처리

SKD11 시편과 질화강을 질화온도 520℃, 암모니아 가스 분위기 속에서 72시간 동안 질화처리를 행한 후 급랭한 시편의 경도변화를 조사하였다. 이들 결과를 그림 5에 나타내었다. 질화강에 대한 가스질화처리는 SKD11과의 비교를 위하여 수행하였다. 질화강 펌프의 로타와 부싱 재료로 사용되고 있으므로 이들 두 재료의 경도변화를 비교하는 것은 중요하다. 이들 결과를 보면 질화처리 이전의 시편에서 질화강 보다 SKD11의 경도값이 크게 나타나고 있고, 가스질화처리 후의 경도값은 두 재료에서 모두 처리 전의 경도보다 경도가 증가한 것을 알 수 있다. 이것으로 마루어 표면경도가 증가한 것을 확인할 수 있었다. 따라서 내압성을 증가시키기 위한 충분한 표면 경도를 얻을 수 있었다. 질화강의 경우도 매우 우수한 경도값을 나타내었다.⁶⁾

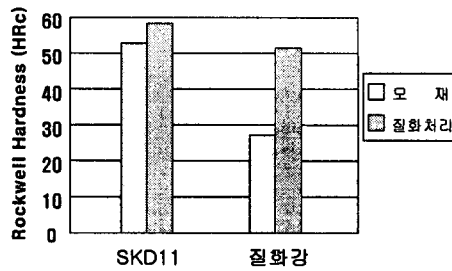


그림 5. SKD11합금, 질화강의 모재와 질화처리 시편의 경도 변화

4. 결론

SKD11의 미세조직을 향상시키기 위하여 변수로서 냉각방법과 템퍼링 온도를 달리하여 실험을 행하고, 내압성과 내마모성 향상을 위하여 가스질화처리한 후 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 기지조직은 모든 열처리 조건에서 마르텐사이트로 나타났으며, 석출물은 $Cr_{23}C_6$ 와 Cr_2C 크롬탄화물형태로 나타났다.
2. 공냉과 드라이아이스로 냉각한 경우 템퍼링 온도가 증가함에 따라 석출물 주위에 PFZ 영역이 나타나고 증가하였다.
3. 액화질소로 냉각한 시편에서는 우수함 마르텐사이트조직과 크롬탄화물을 얻을 수 있었고 잔류오스테나이트와 PFZ 영역이 나타나지 않았다.
4. 액화질소로 냉각한 후 500℃에서 템퍼링한 시편에서 최적의 미르텐사이트 조직과 석출물 크기에 의하여고가장 큰 경도값을 얻었다.
5. 가스질화에 의한 SKD11의 표면처리 결과 표면경도를 크게 향상시킬 수 있었다.

5. 참고문헌

1. W.C.Leslie : The Physical Metallurgy of Steels, McGraw-Hill International Book Com.
2. Byung Kwon, Lee. A study on the mechanical properties according to heat treatment condition of cold working die steel SKD11, Hanyang University, 1986
3. Hae Chang Choi, Suk Woo Kim, Won Jong Nam, Microstructural Changes In Bearing Steel during Rolling Contact Fatigue Test, Journal of The Korean Institute of Metals and Materials vol, 30 No, 5, 1991
4. JIS G4404, Ferrous Materials & Metallurgy I, 1996
5. G.R Speich, tempered Ferrous Martensitic Structures, in Metals Handbook, Vol. 8, 8th ed., American
6. E. C. Bain, H. W. Paxton, Alloying Elements in steel, 2nd ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, p188, 1966