

TRD 기반 2단 표면 처리법을 통해 JIS-SUJ2 표면에 생성된 Nb(C,N)코팅층 성장 거동 연구

The study on growth behavior of Nb(C,N) coating layer deposited by TRD based duplex surface treatment on JIS-SUJ2

이경훈^{a*}, 강남현^a, 김기수^b, 이강식^b

^{a*}부산대학교 재료공학과(E-mail:pooh1756@naver.com), ^b동보체인 공업

초 록: 확산을 이용한 표면 개질법인 Thermo-Reactive Diffusion(TRD) 기술 기반 2단 표면처리를 통해 고경도의 Nb(C,N) 코팅층을 고탄소 베어링강인 JIS-SUJ2강에 형성시켰다. 2단 표면처리는 암모니아 가스 질화와 분말 확산 코팅법으로 구성된 2step 열처리이다. 본 연구에서는 가스질화 화합물층의 두께가 코팅층 성장 거동에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해서 550°C에서 3, 6시간 암모니아 가스 분위기에서 가스질화를 실시하고, 900°C에서 3시간 분말 확산법을 통해 표면 코팅층을 형성하였다. 생성된 코팅층의 형상과 두께 측정을 광학현미경(OM) 과 주자전자현미경(SEM)을 통해 한 결과, 가스 질화는 약 10 μ m와 16 μ m, 최종 코팅층은 약 20 μ m 정도 생성이 되었음을 확인하였다. 코팅층의 성분 분석은, EDS, FE-EPMA, XPS 분석을 통해서 실시하였다. EDS와 FE-EPMA 원소 mapping을 통해 모재에 비해 높은 농도의 Nb, C 그리고 N이 코팅층 내부에 존재함을 확인하였다. XPS분석의 결합에너지 peak를 통해 NbC, NbN 그리고 Nb-oxide가 생성이 되었음을 분석하였다. 생성된 코팅층의 경도는 low mode에서 10회 측정된 후 평균값을 내었고, 각각 Hv이었다.

1. 서론

재료의 사용 환경이 극한 환경으로 바뀌어 값에 따라, 재료의 수명을 늘리는 것이 중요한 이슈가 되고 있다. 특히, 고속 자동차 타이밍 체인의 경우, 저속의 타이밍 벨트를 대신하여 사용이 되는 추세이며, 이러한 타이밍 체인에서 체인 핀의 심각한 마모가 핀의 수명 및 체인 전체의 수명을 단축시키는 결과를 초래하고 있기 때문에 고속의 반복되는 구동환경을 가지는 재료의 내마모성 향상을 위한 연구가 진행이 되어 지고 있다. 내마모성 향상을 위해 현재 널리 사용되는 방법으로는 화학적 기상 증착법(CVD), 물리적 기상 증착법(PVD) 그리고 Thermo-Reactive Diffusion 코팅법(TRD)이 사용되어 지고 있다 [1-3]. CVD법은 고온에서 수행되며, 이에 따른 국부적인 뒤틀림이 발생한다. PVD법은 저온에서 실시되며 고순도의 코팅층을 형성시킬 수 있지만 비용이 많이 들고 복잡한 장비가 필요하다. 또한, 모재와 코팅층의 접합력이 문제가 되고 있다 [4-5]. 본 연구에서 공정으로 사용된 TRD법의 경우, 표면의 국부적인 뒤틀림을 최소화 할 수 있을 뿐만 아니라, 간단한 장비에서 공정이 이루어지므로 비용 또한 작게 든다. 분말 확산 코팅법은 약 800~1200°C에서 분말과 시편을 열처리로에 같이 장입을 하면서 수행되는 표면처리법이며, 표면에 Carbide, Nitride 또는 Carbonitride 코팅층을 형성 시키는 표면 개질법이다[6-7]. 본 연구에서는 암모니아 가스질화와 TRD법으로 이루어진 2단 표면 처리법(Duplex Surface Treatment)을 통해 Nb(C,N) 코팅층을 형성시켰다. NbC 와 NbN은 높은 용점과 Young's modulus등의 특성으로 인해 재료의 내마모성을 높이기 위해 적합한 물질이다[8]. 코팅층 성장에 영향을 미치는 공정 시간과 가스 질화 화합물층의 두께의 영향을 파악하기 위해 550°C에서 3시간, 6시간 JIS-SUJ2강재에 암모니아 가스질화를 실시한 후 900°C에서 3시간 분말 확산 코팅법을 통해 Nb(C,N) 코팅층을 형성 시켰다. 본 연구에서 기본적으로 사용된 분말 확산 코팅법(TRD)에서 코팅층 형성에 가장 크게 기여하는 인자는 모재 내부에 존재하는 C, N와 같은 침입형 원소의 확산과 외부에서 모재 표면부로의 타겟 원소의 확산이다. 확산 반응을 심층적으로 분석하기 위해 가스 질화 열처리된 시편의 재가열(reheating) 실험과, 코팅층과 계면의 국소영역의 TEM-EDS분석을 통해 확산에 대해 파악하였다. 또한, 각각의 코팅조건에서 OM, SEM, EDS, FE-EPMA 그리고 XPS분석을 통해 코팅층의 성장 거동을 연구하였다.

2. 본론

본 연구에 사용된 시편은 핀 형태의 고탄소 베어링강인 JIS-SUJ2가 사용 되었으며 시편의 화학조성은 Table 1에 나타내었다. 시편은 직경 0.4mm X 높이 1.5mm의 핀 형태의 시편이 실험에 사용되었다. 분말 확산 코팅법의 반응 모식도를 Fig. 1. 에 표현하였고, 실험에 사용된 시편 형상은 Fig. 2. 에 나타내었다.

Table 1. Chemical composition of JIS-SUJ2 steel

Material	C	Mn	Si	P	S	Cr
SUJ2	0.95	0.40	0.31	0.08	0.05	1.39

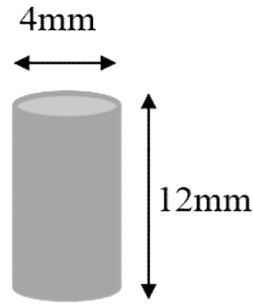


Fig. 1. Specimen

본 연구에서 Nb(C,N)코팅층 형성을 위해 실시된 2단 표면 개질법의 조건을 Table 2에 정리하였다. 가스 질화의 경우 550℃에서 6시간 암모니아 가스 분위기에서 실시하였다. 분말 확산 코팅 열처리의 경우, 900℃에서 3시간 열처리를 진행 하였다. 장입 분말은 FeNb분말과 반응촉진제로서의 FeCl₂분말이4:1의 비율로 시편과 함께 로내에 장입되어 코팅층을 생성시켰다.

Table 2. Gas nitriding condition and Powder diffusion coating condition

Parameter	Gas Nitriding		Powder Diffusion Coating Process	
Temperature(℃)	550		900	
Time(Hr)	3	6	3	6
Furnace Atmosphere	NH ₃ (g)		N ₂ (g)	
Powder Types	X		FeNb, FeCl ₂	
Powder Ratio	X		FeNb : FeCl ₂ = 4 : 1	

3. 결론

2단 표면 처리법의 변수를 열처리 시간과 가스 질화 화합물층의 두께로 조정하여 실험한 결과, $d^2=kt$ 라는 확산식에 맞게 코팅층 두께는 두꺼워 짐을 확인하였다. 또한, 가스 질화 화합물층의 두께가 두꺼울수록 코팅층 성장이 빨라지는 것을 볼 수 있는데 이는 NbN을 형성하기 위한 nitrogen의 양이 많아지기 때문이라 판단된다.

참고문헌

1. F Ozkan Ozdemir, Saduman Sen, Uger Sen, Vacuum 81(2007) 567-570
2. F.E. Castillejo, D.M. Marulanda, J.J. Olaya, J.E. Alfonso, Surface Coatings & Technology 254(2014) 104-111
3. Z.J. Shan, Z.G. Pang, F.Q. Luo, F.D. Wei, Surface Coatings & Technology 206(2012) 4322-4327
4. Uger Sen, Vacuum 75 (339-345)
5. M. Aghaie-Khafri, F. Fazlalipour, surface Coatings & Technology 202(2008) 4107-4113
6. Arai T. ASM handbook Vol4 p448-453
7. M. Aghaie-Khafri, F. Fazlalipour, Journal of Physics and Chemistry of Solids 69(2008) 2465-2470
8. Uger Sen, Thin Solid Films 483(2005) 152-157