

실린더라이너의 정밀가공

정재현⁺, 김종순⁺⁺

Precision Machining for Cylinder Liner of Low Speed Engine

Jae-Hyun Jeong⁺, Jong-Soon Kim⁺⁺

Abstract : The cylinder liners of low speed engine are one of a important equipment in merchant ship. But, the precision machining method of cylinder liner is not developed sufficiently. This paper shows a new honing method using by CBN honing stones.

Key words : Cylinder liner(실린더 라이너), Honing(호닝가공), Honing stone(호닝 스톤)

1. 서 론

대형 선박 엔진에 사용되는 실린더 라이너는 엔진 성능 및 선박 안전에 중요한 역할을 담당하는 핵심 부품이다. 그러나, 라이너 가공에 대한 정량적인 평가자료 부족으로 인한 생산 공정의 자동화가 미흡하여 라이너 제작에 대한 국제적인 신뢰성이 취약하였던 것이 사실이다.

또한, 세계 선박 엔진은 컨테이너의 고속 수송과 대량 수송을 위하여 대형화가 급속히 진행되고 있다. 선박용 엔진으로 10만 마력은 물론 그 이상의 엔진을 개발할 계획으로 있다. 그러나, 이와 같은 초대형 실린더 라이너를 기존의 재질 및 가공법으로 제작하는 것은 한계에 도달될 것으로 생각되며, 초기 길들이기 단축 목적의 제작법 또는 소재의 성질을 손상시키지 않는 새로운 라이너 가공법의 개발이 절실하다.

지금까지 대형 선박용 실린더 라이너는 기존의 GC계통의 호닝 스톤에 의한 가공에 의존해 왔으나 스톤의 수명이 짧아 가공비용이 과대하여 호닝 특성이 우수한 CBN스톤을 개발하여 적용할 필요가 있다.

본 연구에서는 라이너의 호닝 가공 성능 향상 및 가공 시간을 단축하기 위하여 CBN 연삭 스톤을 제작하여 가공 실험을 수행하였으며, 가공 시간, 가공량 및 가공 비용 등을 종래의 지식과 비교하여 분석하였다.

2. 실험방법

2.1 CBN 스톤 제작

종래의 지식 스톤을 대체하기 위하여 CBN 스톤을 제작하였다. 입도는 #/60, #80, #170, #325, #500, #600, #800으로 하였으며, 집중도 100, 결합도는 '중' 으로, 본드는 메탈본드로 하였다. 막대형 CBN 스톤

+ 정재현(한국해양대학교 기계정보공학부), E-mail: jhjeong@mail.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4292

++ 김종순, 케이프라인주식회사

을 기존의 호닝 헤드에 장착하여 가공 실험을 수행하였다.

가공 실험은 종래의 지석과 CBN 슷돌에 의해 수행한 후 결과를 비교 검토하였다.

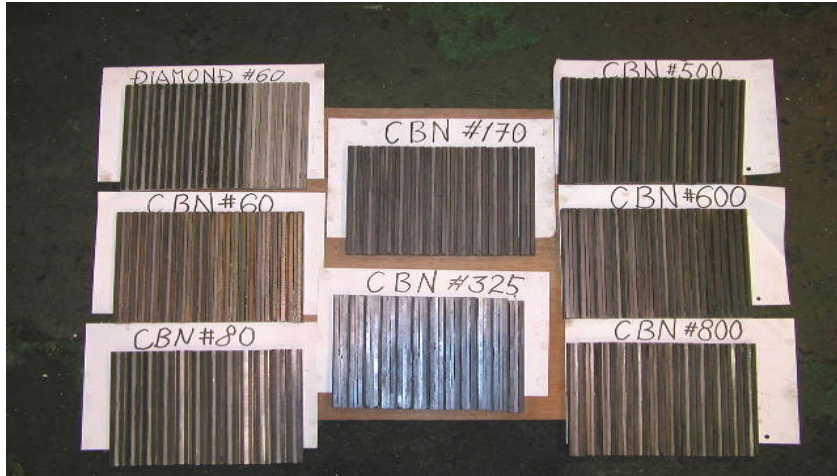


그림 1 실험 제작한 각종 CBN 슷돌

2.2 실험 장치

그림2는 호닝가공을 위한 호닝헤드의 모습을 보인 것이다. 호닝머신은 수평형을 사용하였으며, 호닝 슷돌은 원주상으로 4개를 배치하였다.

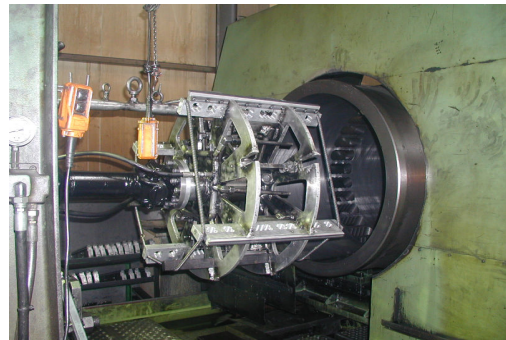


그림 2 호닝 Head

3. 지석 슷돌에 의한 가공

스틀은 #60, #120, #600의 3 종류를 사용하였으며, 가공 깊이는 각각 0.15, 0.05, 0.03mm로 하여 총 0.23mm를 가공하는 것으로 하였다. 가공 헤드의 회전수는 13rpm, Feed는 10.5m/min으로 모든 실험에서 동일하게 하였으며, 가공력은 25-50kg/cm²로 변화를 주었다.

3.1. 지석 #60의 경우

그림 3은 종래에 사용해 왔던 #60 지석을 이용하여 호닝 가공한 면을 보인 것이다. 입도가 큰 관계로 스크래치가 굵게 나타나고 있으며 hard-phase의 손상도 확인되고 있다.

표면 조도는 Ra 2.68-3.47 μ m (Ramax 20.0-41.1 μ m)로 아직 완

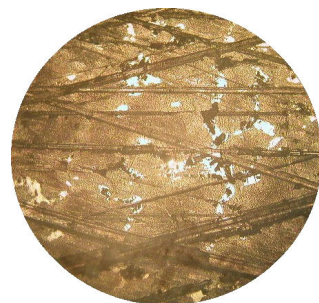


그림 3 #60 지석을 이용한 호닝 가공면(X 100)

성 가공면에 이르지 못했음을 알 수 있다.

3.2 지석 #120의 경우

그림 4는 종래에 사용해 왔던 #120 지석을 이용하여 호닝 가공한 면을 보인 것이다. 스크래치가 #60의 경우보다는 가늘게 나타나고 있으며 hard-phase의 개선도는 향상되었음을 알 수 있다.

표면 조도는 Ra 0.30-0.51 μm (Ramax 2.6-7.7 μm)로 표면 조도의 크기로만 보면 완성 가공면에 도달했음을 알 수 있다.

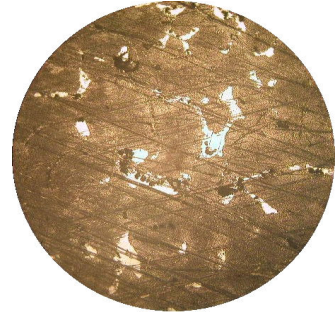


그림 4 #120 지석을 이용한 호닝 가공면(X 100)

3.3 지석 #600의 경우

그림 5는 종래에 사용해 왔던 #600 지석을 이용하여 호닝 가공한 면을 보인 것이다. 스크래치가 약간 나타나고 있으나, hard-phase의 개선이 보다 향상되었음을 알 수 있다. 표면 조도는 Ra 0.14-0.18 μm (Ramax 1.5-2.3 μm)로 완성 가공면에 도달했음을 알 수 있다.

실험에서 각각의 가공 깊이를 가공하는데 걸린 시간은 180-210분이었으며, 분당 가공량은 입도가 클수록 적어 단위 시간당 가공 비용이 많이 소요됨을 알 수 있다. 즉, #60에서는 0.8 $\mu\text{m}/\text{min}$, #120에서는 0.24 $\mu\text{m}/\text{min}$, #600에서는 0.17 $\mu\text{m}/\text{min}$ 이었다. 실험에서 총 가공 비용은 156,900원이 소요됨을 알 수 있었다.

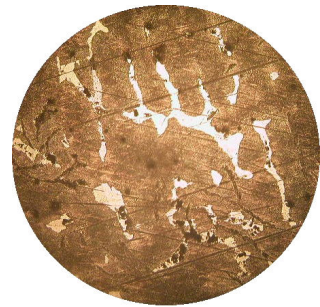


그림 5 #600 지석을 이용한 호닝 가공면(X 100)

4. CBN 호닝 슷돌에 의한 가공

제작한 CBN 슷돌의 가공 성능을 확인하기 위하여 CBN #60, #170, #600의 3종류 슷돌에 대하여 가공 실험을 수행하였다. 가공 헤드의 회전수는 13rpm, Feed는 10.5m/min으로 각 실험에서 동일하게 하였으며, 가공력은 35-40kg/cm²로 하였다.

4.1 CBN #60의 경우

실험에서 가공 깊이는 두 경우 동일하게 0.15mm로 하였다. 그림 6은 CBN #60 슷돌을 이용한 호닝 가공면을 보인 것이다. 지석의 경우와 마찬가지로 입도가 큰 관계로 스크래치가 굵게 나타나고 있으며 hard-phase의 손상도 확인되고 있다.

표면 조도는 Ra 1.39-1.76 μm (Ramax 12.0-13.6 μm)로 아직 완성 가공면에 이르지 못했음을 알 수 있다. CBN #60로 가공한 후의 perfect depth는 0.05-0.06mm임을 알 수 있었다.



그림 6 CBN #60 슷돌을 이용한 호닝 가공면(X 100)

CBN #60으로 가공한 경우, 가공량은 CBN의 경우가 $1.1\mu\text{m}/\text{min}$ 로 지석의 경우보다 우수하였으며, 가공 비용은 CBN의 경우 43,000원 지석의 경우가 75,000원으로 CBN의 경우가 지석의 57%로 되어 가공 비용의 절감에 기여할 것으로 생각된다.

4.2 CBN #170의 경우

실험에서 가공 깊이 0.05mm, 가공력 $35\text{--}40\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 하였다. 실험 결과, 가공 시간은 CBN의 경우가 124분, 지석의 경우가 210분으로 CBN의 경우가 현저히 가공 시간이 단축되었으며, 가공 비용은 CBN의 경우 33,200원 지석의 경우 60,000원으로 CBN의 경우가 지석에 비해 55%의 비용 절감이 예상됨을 알 수 있다. 또한, CBN #170로 가공한 후의 perfect depth는 0.03mm임을 알 수 있었다.

4.3 CBN #800의 경우

실험에서 가공 깊이는 0.03mm로 하였다. 그림 7은 CBN #800 슷돌을 이용한 호닝 가공면을 보인 것이다. 지석의 경우와 마찬가지로 약간의 스크래치가 나타나고 있으나, hard-phase의 개선이 확인되고 있다.

표면 조도는 $R_a\ 0.08\text{--}0.15\mu\text{m}$ ($R_{\text{max}}\ 0.7\text{--}1.7\mu\text{m}$)로 완성 가공면에 도달되었음을 알 수 있다.

실험 결과, 가공 시간은 CBN의 경우가 117분, 지석의 경우가 180분으로 CBN의 경우가 가공 시간은 단축되었으나, 가공 비용은 CBN의 경우 20,800원 지석의 경우 21,900원으로 거의 같은 비용 절감에는 큰 도움이 없음을 알 수 있었다.



그림 7 CBN #800 슷돌을 이용한 호닝 가공면(X 100)

5. 결론

CBN 슷돌을 제작하여 라이너 호닝 가공에 적용하기 위한 가공 실험을 수행하여 종래의 지석의 경우와 비교 검토하였다. 그 결과, CBN #60의 경우 가공량이 약 $1.1\mu\text{m}/\text{min}$ 로 종래의 지석 슷돌에 비해 크게 향상되었으며, 가공 비용 측면에서는 57%정도의 절약 효과를 거뒀으나, CBN #800의 경우는 지석의 경우와 큰 차이가 없어 공정의 개선을 기대할 수 없었다. 이상의 결과로부터 CBN 호닝 슷돌을 사용하여 라이너를 가공할 경우, 호닝 공정의 초반부의 황삭 및 중삭 가공은 종래의 지석에 비해 우수하나 마무리 호닝의 경우는 종래의 지석의 경우와 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 이종찬, 유인석 공역, 초연마재를 이용한 연삭절삭가공, 문운당, 2000
- [2] 김수영외, 주철공학, 1992, 보성문화사