

# 조선 작업장의 공압 그라인더 대체용 BLDC 모터 전동 그라인더 개발 기초연구

하석문, 안우영  
대우조선해양(주)

## A Study of BLDC Motor Electric Grinder to Replace Air Grinder in Shipbuilding Company

Seok-Moon Ha, Wooyoung Ahn  
Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd.

### ABSTRACT

조선 작업장에서 사용되는 에너지원 중 전기 에너지의 30% 이상이 압축공기 생산에 사용되고 있으며, 압축공기의 상당 부분은 공압 공구 구동에 사용되고 있다. 본 연구에서는 에너지 효율이 낮은 공압 공구를 전동 공구로 대체하기 위해 7인치 BLDC모터 전동 그라인더 시제품을 개발하였다. 7인치 공압 그라인더와 대등한 성능을 내기 위한 전동 그라인더의 사양은 정격 회전수는 4,500 rpm이며 정격 출력은 1.1 kW가 되어야 함을 알 수 있었다. 특히 안전 기능으로 과부하 정지 기능과 정전 재기동 방지가 가능해야 한다. 이러한 사양과 기능으로 BLDC 모터 전동 그라인더 시제품을 제작하여 조선 작업장의 여러 공중에서 테스트 한 결과 다양한 장단점 의견을 얻을 수 있었다.

### 1. 서론

조선 작업장에서 사용되는 전기 에너지 중 30% 이상이 압축공기 생산에 사용되고 있으며, 압축공기는 선체 도장과 관련된 작업과 더불어 각종 공구의 동력원으로 사용되고 있다. 압축공기는 일반적으로 동력변환 효율이 낮고 누출에 의한 손실이 큰 것으로 알려져 있으므로<sup>[1]</sup> 공압 공구를 전동으로 대체 할 경우 에너지 절감 효과를 기대할 수 있다.

본 연구는 조선 작업장에 가장 널리 사용되는 공압 공구 중 하나인 7인치 공압 그라인더를 전동으로 대체하기 위한 기초 연구이다. 일반적으로 전동 공구에 사용되는 유니버설 모터를 대체하여 제어성과 내구성이 우수한 BLDC 모터를 사용하여<sup>[2]</sup> 전동 그라인더를 제작하고자 하였다. 이를 위해 7인치 공압 그라인더의 출력 특성을 조사하고 이와 유사한 출력 특성을 가지도록 BLDC 모터 전동 그라인더 시제품을 제작하여 실제 생산 현장에서 테스트 하였다.

### 2. 공압 7인치 그라인더의 출력 특성 실험

#### 2.1 실험 방법

공압 그라인더의 출력 특성 파악을 위한 그라인더는 당사에서 가장 많이 사용하는 7인치 공압 그라인더인 양

산기공의 DAG-6SX-1 모델을 대상으로 하였다. 공압 공구는 압축공기 압력에 따라 출력이 달라지므로 당사의 압축공기 매니폴더 단에서 압축공기 평균 압력인 6.5 kgf/cm<sup>2</sup>을 실험 압력으로 하였다. 다이ना모 미터에 공압 그라인더를 연결하고 일정 압력으로 압축공기를 공급하여 공회전 시킨 후 점차 다이ना모 미터의 부하를 증가시켜 토크와 출력을 측정 하였다.

실제 그라인딩 작업 시 작업부하 변동을 확인하기 위해 4명의 작업자에 대해 60초 동안 작업자가 그라인딩을 하는 동안 그라인더의 회전수를 측정하여 그라인더의 부하 변동을 측정하였다.

#### 2.2 실험 결과

7인치 공압 그라인더에 대해 출력을 실험한 결과 그림 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 공압 그라인더의 무부하 회전수는 약 7,300 rpm이었으며, 부하가 증가할수록 토크와 출력도 같이 증가하다가 회전수가 약 4,500 rpm이 되면 정지하는 것으로 나타났다. 이때 최대 출력은 1.1 kW이며 최대 토크는 2.33 Nm로 측정 되었다.

그라인더의 부하 변동은 그림 2와 같이 4명의 작업자에 대해 모두 다른 작업 특성을 가지는 것으로 나타났다. A와 D 작업자는 부하의 크기는 차이가 있지만 초기에는 높은 부하로 사용하다가 시간이 지날수록 낮은 부하로 사용한 반면, C작업자는 초기에 비교적 낮은 부하로 사용하다가 후반부에 높은 부하로 작업을 수행하였다. B작업자의 경우 처음부터 끝까지 최대 부하에 가깝게 작업하는 특성을 보여주었다.

#### 2.3 결과 검토 및 전동 그라인더 사양

상기 실험에서 공압 그라인더는 회전수가 4,500 rpm 이하가 되면 정지함을 알 수 있었다. 이러한 특성은 그라인딩 작업 중 날이 피삭물에 끼는 등의 문제가 발생하면 적정 토크에서 그라인더가 정지하므로 작업을 보다 안전하게 할 수 있는 특성이라 할 수 있다. 반면 일반적인 시중의 상용 전동 그라인더는 적정 토크 이상에서도 계속적으로 전류를 소모하므로 화재 등 사고로 연계 될 가능성이 있다.

작업자 별 그라인딩 작업 부하 특성에서 작업 부하가 공압 그라인더의 최대 출력을 넘지 않으면 적정 수준에서 전동 그라인더의 출력을 낮추어 실제 사용하는 최대 출력으로 설계할 수 있을 것이다. 그러나 작업자 성향 별로 차이가 크고 대부분의 작업자가 최대 부하까지 사용하므로 전동 그라인더 역시 공압 그라인더의 출력과 대등한 사양이 되어야 한다.

7인치 연마 디스크의 허용 최대 회전수는 7,600 rpm 이므로 전동 그라인더의 최대 회전수는 이를 넘지 않아야 하므로 최대 회전수는 7,600 rpm이 되어야 한다. 또한 7인치 공압 그라인더와 대등한 성능의 전동 그라인더의 사양은 정격 회전수가 4,500 rpm, 정격 출력은 1.1 kW이 되어야 함을 알 수 있다. 그리고 과부하에 대한 정지 기능과 스위치가 켜진 상태에서 전원이 인가되면 준비되지 않은 상태에서 그라인더가 회전하여 위험할 수 있으므로 정전 재 기동 방지가 가능해야 한다.

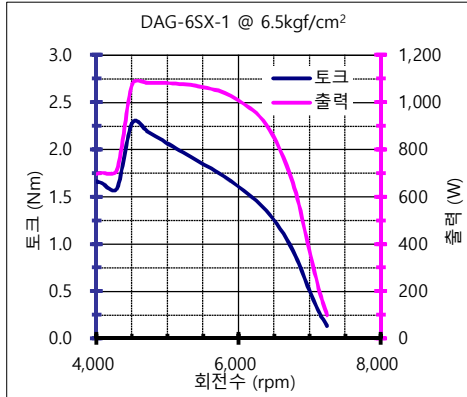


그림1 공압 그라인더 출력 곡선

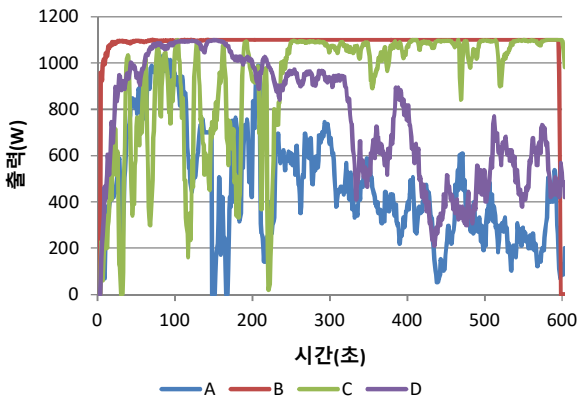


그림2 작업자 별 그라인더 작업 부하 특성

### 3. BLDC 모터 전동 그라인더 시제품 제작 및 평가

#### 3.1 시제품 제작

상기 2장에서 제시된 그라인더의 사양을 바탕으로 BLDC 모터를 설계하여 그라인더 시제품을 설계 및 제작하였다. 그라인더는 수공구 이므로 무게를 가볍게 하기 위해 모터 제어기를 그라인더 외부로 배치하였다. 그라인더시제품의 길이는 280 mm이고 무게는 3.0 kg으로 상용 공압 그라인더보다 20 mm가 길고 0.2 kg이 무거운 것으로 나타났다. 시제품에서는 과부하 정지 기능과 기존의 공압 그라인더에는 없는 정전 재 기동 방지 기능을 BLDC 모터 제어를 통해 구현하였다.

#### 3.2 시제품 현장 평가

제작된 시제품을 당사 야드의 옥내 블록 제작 공장과 옥외 실 선체 작업장의 다양한 공종 별 작업장에서 현장

테스트를 실시 하였다.

테스트 결과 전동 그라인더 시제품은 현재 공압 그라인더와 동등한 작업성을 나타내었으며, 특히 하절기에 압축공기 사용량이 증가하여 공압 그라인더의 작업성이 현저하게 떨어지므로 매우 유용하다는 의견이 있었다. 그리고 밀폐 공간에서 작업 시 공압 그라인더는 배출되는 공기의 기류에 의해 분진이 최대 10 m까지 비산되지만 전동 그라인더는 분진이 거의 비산되지 않는 장점이 있었다.

반면 공압 그라인더에 비해 지름이 커서 파지가 불편하고 전문 사상 작업자는 호흡용 압축공기 호스와 그라인더 전선을 같이 휴대해야 하는 불편함, 전선 가닥이 많아서 단선 등 고장이 잦을 것으로 판단되며 전선의 자가보수가 어려움 등이 단점으로 지적 되었다.



그림 3 BLDC 모터 7인치 전동 그라인더 시제품

## 4. 결론 및 향후 계획

조선 작업장의 공압 그라인더 대체를 위한 BLDC 모터 전동 그라인더 개발 기초 연구 수행을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 공압 그라인더의 정격 회전수는 4,500 rpm이며 정격 출력은 1.1 kW이고 작업자가 사용하는 최대부하 역시 1.1 kW이므로 전동 그라인더의 출력은 이와 동일해야 한다.
- (2) 공압 그라인더의 안전 기능인 과부하 정지 기능과 더불어 정전 시 재 기동 방지 기능이 있어야 한다.
- (3) BLDC 모터 전동 그라인더 시제품을 제작하여 현장 테스트 결과 장단점에 대한 다양한 의견을 얻을 수 있었다.

본 연구에 대한 후속 연구로 BLDC 모터 전동 그라인더에 대한 상용품 설계기술 확보와 BLDC 모터 센서리스 제어를 통해 전선 가닥 수를 줄일 수 있는 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] 김목형 등, “공기압 구동장치의 에너지효율 평가”, 한국동력기계공학회지, Vol. 15, No. 6, pp. 95-100, 2011.
- [2] 김상훈, “DC, AC, BLDC 모터 제어”, 북두출판사, 제2판, pp.426-427, 2011.