

지하자원 채굴을 위한 소형 복합 광산장비 설계기법연구

A Study on the compact multi-functional mining equipment design method for mining underground resources

*노종호¹, #박종호², 이영기¹

*J. H. Noh¹, #J. H. Park(jhpark@cnu.ac.kr)², Y.K.Lee¹

¹(주)하이드로메틱스, ²충남대학교 기계공학부

Key words : mining equipment, underground resources, design method, hydraulic

1. 서론

국내 에너지 자원 중 매장량이 가장 풍부한 석탄 광산의 일반갱도는 폭 3m, 높이 2.4m 로 매우 협소하고 경사진 지형이 많아 석탄을 채굴하기 위한 광산장비의 크기는 폭 0.7m, 높이 1.5m 이내로 소형화 하면서도 기능과 성능은 높여야 한다.

현재까지 석탄을 채굴하는 작업은 주로 인력에 의존한 채굴방법이 사용되고 있으나 갱 깊이가 매년 20m 씩 깊어져 지압이 증가, 막장 기류온도상승, 운반거리의 증가로 이어지는 심부화현상과 작업 인력의 노령화가 급속히 진행되어 작업 강도를 줄이고 생산성을 증대시키기 위해서는 광산용 기계장비의 개발과 보급이 절실하게 되었다.

따라서 본 연구를 통해 기존에 사용 중인 석탄 채굴 및 갱도 굴진용 장비를 대체할 수 있도록 소형 경량화 되고 다양한 작업을 수행 할 수 있는 복합광산 장비의 설계기법에 대해 제안하고, 설계 자료를 바탕으로 제작된 장비의 성능을 확인하여 설계 내용을 검증하고자 한다.

2. 소형복합 광산장비 설계목표

지하광물 생산과정을 크게 분류하면 4단계의 과정으로 Fig. 1과 같이 도식화 할 수 있다.

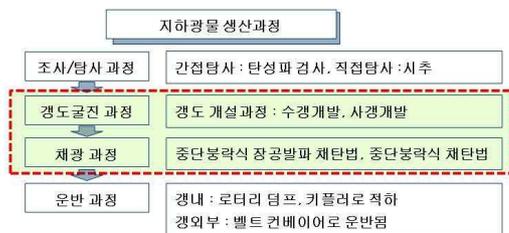


Fig. 1 Diagram of the entire mining process

본 연구를 통해 개발된 장비는 주로 갱도 굴진과 채광과정에서 사용된다.

석탄을 채굴하기위한 갱도에서 사용되는 광산 장비 보급현황을 보면 독일의 Deilmann-Haniel Co., Ltd.에서 판매하는 장비는 10년 이상 굴진갱도에서 효과적으로 사용되고 있으나 장비의 크기가 커서 채탄용 갱도에서의 작업은 불가능하였다. 국내 (주)하이드로메틱스에서 2005년 구매조건부 신제품개발사업을 통해 개발한 연층채준기의 경우 크기가 수입 장비에 비해 작아 굴진 및 채탄갱도에서 모두 사용이 가능하나 작업환경이 더 열악하고 협소한 채탄갱도에서 사용되어 광부들의 노동 강도를 줄이면서 채탄량을 증대하고 있다.

본 연구를 통해 개발된 장비는 Table 1에 나타낸 바와 같이 총 7개의 정량적 목표를 만족 할 수 있도록 설계하였고 기존장비보다 크기는 더 작으면서 성능과 기능은 국내 광산현장에 더 적합하도록 개발하였다.

Table 1 Design goal

Specifications	
1. Operating speed	2.0 km/h
2. Climbing capacity	20°
3. Bucket capacity	0.037 m ³
4. Boom swing degree	±90°
5. Arm twist degree	±180°
6. Size(W×L×H)	0.7×5×1.2 m or less
7. Weight	2,500 kg or less

이러한 목표 이외에도 광산용 장비는 작업과정에서 발생하는 각종 분진과 가연성가스, 80%가 넘는 습도에 견딜 수 있도록 엔진구동 방식이 아닌 방폭형 전기모터를 이용하도록 제작되어야 한다.

3. 소형복합 광산장비 설계

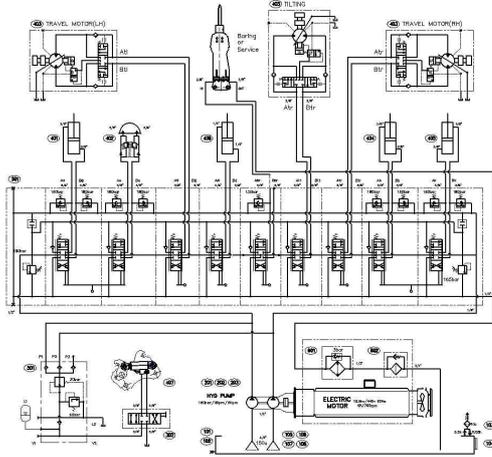


Fig. 2 Hydraulic circuit diagram of the compact multi-functional mining equipment

Fig. 2는 본 연구 장비의 유압 회로도를 나타낸 것이다. 18kw 용량의 방폭형 전기모터를 사용하여 유압펌프를 구동하였고, 유압펌프에서 발생한 유압은 유압밸브를 통해 2개의 주행모터와 붐, 암, 버켓, 도저의 실린더 그리고 붐 회전장치, 암 회전장치와 록 클램프 장치로 공급되도록 유압 회로도를 구성하고 제작하였다.

펌프의 토출유량은 다음의 식에 의해 계산될 수 있다.

$$Q(\ell/\text{min}) = N_{em} \times q_p \div 1,000 \quad (1)$$

여기서, N_{em} 는 방폭형 전기모터의 정격회전수, $q_p(\text{cc}/\text{rev})$ 는 펌프토출용량이다.

장비의 주행속도는 다음의 식에 의해 계산될 수 있다.

$$V(\text{km}/\text{hr}) = \frac{N_{hm} \times 2\pi R \times 60}{i \times 10^6} \quad (2)$$

여기서, N_{hm} 은 유압 모터축 회전수, R 은 구동륜 PCD의 반지름, i 는 주행모터의 감속비이다.

Table 2 Performance prediction by variable

item	unit	travel motor displacement (cc/rev)				
		44.28	38.75	34.4	31.0	20.69
1. hydraulic motor rpm	rpm	700	800	900	1000	1498
2. running speed	km/hr	1.57	1.79	2.01	2.24	3.35
3. hydraulic motor torque	kgm	11.63	10.18	9.03	8.14	5.44

Table 2에는 사용압력을 $165 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 으로 설정한 경우이며, 나머지는 제원에 따라 수치적 분석된 값이다. 유압모터의 회전수를 700rpm 에서 100rpm 씩 증가시켜 분석하였으며, 유압모터가 최대 $1,498\text{rpm}$ 까지 회전할 수 있어 이때 다른 항목의 변수를 확인하여 보았다.

4. 결론

지하자원 채굴을 위한 소형 복합 광산장비의 설계기법 연구를 통해 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

(1) 개발된 장비는 지하 수백 m 깊이의 어두운 갱도에서 발파작업 때 후퇴하고 발파 뒤 무너져 내린 경석이나 석탄 등을 채굴하기 위해 주행을 하여야 한다. 원활한 작업을 위한 장비의 주행속도는 $2.0\text{km}/\text{hr}$ 정도의 속도는 확보되어야 하는데 주행모터의 토출 유량이 $34.4\text{cc}/\text{rev}$ 이상이 되어야 유압 주행모터의 회전수가 900rpm 이 되어 원하는 속도를 얻을 수 있다.

(2) 전기-유압 구동방식의 광산용 장비가 원활하게 작동되기 위해서는 전기모터는 18kw , 유압펌프의 토출 유량은 $38.85(\ell/\text{min})$ 가 되는 CASAPPA社의 PLP 20-11,2 더블 펌프를 선정하여 제작하였고 각각의 펌프에서 발생하는 유압이 주행모터로 각각 전달되어 장비의 직진 주행성능을 높이도록 설계하였다.

후기

본 연구는 중소기업청에서 진행하는 2009년도 구매조건부신제품개발사업으로 진행되는 사업입니다.

참고문헌

1. 노종호, 박종호, 김대중, 이영기, “협소한 공간 작업을 위한 소형 복합 광산장비 설계기법연구”, 한국정밀공학회 2010년도 춘계 학술대회 논문집. VOL 10, 851-852
2. 안경관, 윤종일, “작업장치 위치 에너지 회생을 위한 하이브리드 굴삭기 시스템 개발”, 유공압시스템학회지 제7권 제2호, 25-32, 2010.06.
3. 중소기업청 구매조건부신제품 개발사업. “친공 및 덩핑 기능을 보유한 소형 복합 광산장비” 사업계획서