

고압 터보펌프 터빈 디스크 제조 공정 개발

조항래* · 이병호*

1. 서 론

우주 발사체용 액체 로켓엔진의 추진제 공급장치는 가압식과 터보펌프 방식이 사용된다.

터보펌프방식은 기존 추진제 가압탱크 방식의 단점인 극저온 고압 상태의 규모가 큰 탱크를 필요로 하지 않으며, 연소시간과는 무관하게 추력에 따라 일정한 크기를 가지며 우주 발사체의 총 중량을 절감할 수 있는 장점이 있다. 따라서 우주 발사체를 제작하기 위한 액체 추진로켓 제작에 있어서 고압 터보펌프 개발은 필수적이며 터보펌프 개발이 완료된 시점에서야 비로소 독자적인 발사체 개발의 단계로 진입하게 된다고 할 수 있으므로 국산화 개발이 매우 시급한 상황이다.

액체 추진로켓에 사용되는 터보펌프는 크게 산화제 펌프, 복합 기밀장치 (Integral Sealing Package), 연료 펌프, 터빈으로 구성된다. 특히, 터빈은 약 1000K의 고온 연소가스 하에서 50,000 rpm으로 고속회전을 하게 된다. 이와 같은 고온 환경 하에서 고속 회전 속도의 성능을 발휘하기 위해서는 고온강도가 우수한 재료의 선정과 복잡한 3차원 형상의 블레이드 제작기술이 요구되지만 현재 국내에서는 이에 대한 기술이 매우 미진한 실정이다.

본 보고에서는 민군겸용기술개발과제인 고압터보펌프 개발과제의 공동연구기관으로서 10톤급 액체로켓엔진의 핵심부품인 고압터보펌프의 제조 공정 개발을 목표로 하여, 2001년부터 2004년까지 3개년에 걸쳐 수행한 연구내용 중, 터빈 디스크 제조 공정 개발에 대한 내용을 정리하였다.

2. 터빈 디스크

2.1 10톤급 터빈 디스크의 구조 및 작동환경

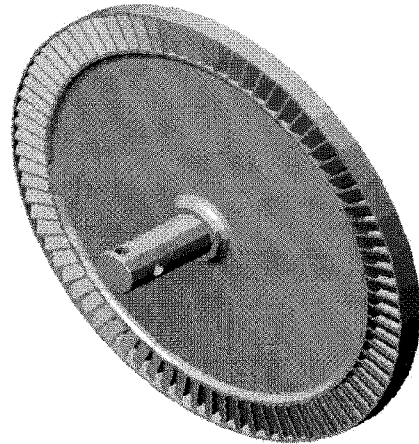


Fig. 1 10톤급 고압 터보펌프용 터빈 디스크 형상

Table 1 고압 터보펌프의 작동 환경

변 수	조 건
작동매체	연소 가스
터빈 타입	충동형
입구정압력	6.8 MPa
출구정압력	0.5 MPa
입구전온도	1,000K
회전수	50,000rpm
요구 Power	860 kW

Fig. 1에는 10톤급 고압 터보펌프에 적용되는 터빈 디스크의 설계형상을 나타내었고, 고압 터보펌프의 작동 환경 조건은 Table 1과 같다.

터빈 디스크의 소재는 러시아에서 제작된 3N-741H (Ni-Cr계) 소결합금을 사용하였고 총 블레이드의 개수는 80개이다.

* (주)비츠로테크
E-mail : ppsmurf@vitzrotech.com

2.3 방전 가공 (Electric Discharge Machining)의 원리

방전 가공은 전극과 피삭재 사이에 절연액을 채우고, 그 사이에 펄스전압을 반복적으로 부가하여 방전할 때 발생하는 공열에 의하여 피삭재가 용융, 제거되는 현상을 이용한 열·전기적 가공방법의 한 분야이다. 방전가공은 다른 기계가공과는 달리 공구와 피삭재가 직접 접촉하지 않는 비접촉 가공방법이므로, 전극이나 피삭재에 어떤 힘이나 압력도 작용하지 않기 때문에 얇은 제품이나 취성재료도 안전하게 가공 할 수 있다. 또한, 전극과 피삭재가 모두 양질의 도전체이기만 하면 높은 강도와 경도를 가지는 난삭재도 가공할 수 있다.

방전가공은 와이어컷 방전가공과 형조 방전가공으로 분류되며, 그 중 형조 방전가공은 일정 모양의 정밀한 공구 전극을 사용하여 복잡한 형상을 가공하는데 가장 적합하다. Fig. 4에서는 방전가공의 원리를 나타내었다.

방전 가공은 일반 기계가공에 비해서 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- ① 전도성 있는 피삭물은 가공상에 제약이 없다
- ② 정밀도가 높다
- ③ 전극과 피삭재에 기계적인 힘이 가해지지 않는다.
- ④ 가공면이 균일하다
- ⑤ 정밀도가 높다
- ⑥ 미세한 구멍이나 홈 가공이 가능하다

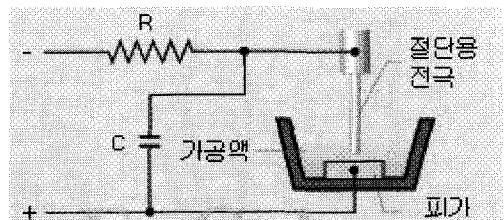


Fig. 4 방전 가공의 원리

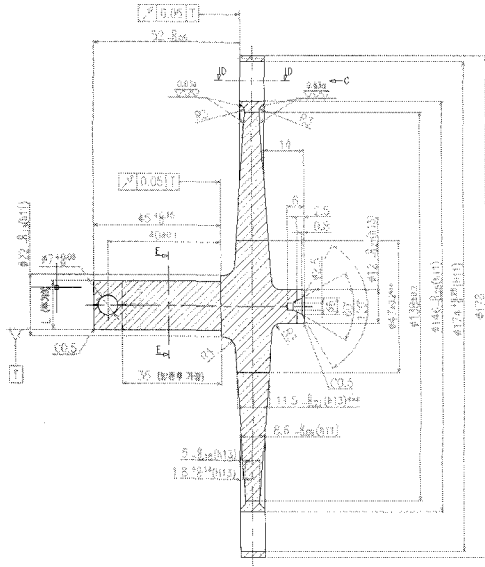


Fig. 2 터빈 디스크 형상 및 치수

2.2 제조 공정 설계

10톤급 터보펌프의 터빈 디스크는 최대 직경 178 mm, 길이 74 mm이며 완성 후 Shaft와 조립되어 터보펌프에 회전 동력을 공급하게 된다. Fig. 2에는 터빈 디스크의 형상 및 치수를 나타내었다.

터빈 디스크의 제조공정은 크게 절삭가공과 방전가공 2개의 공정으로 나누어진다. 이에 따라 설계된 제조공정 절차를 Fig. 3에 나타내었다.

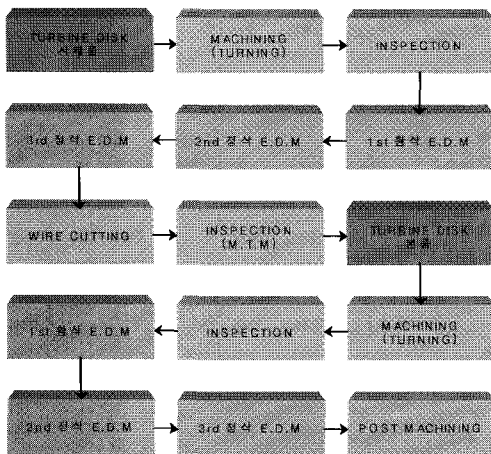


Fig. 3 터빈 디스크 제조 공정도

2.4 터빈 디스크 제조

2.4.1 절삭 가공

Fig. 2의 제품 도면을 바탕으로 C.N.C 절삭가공을 수행하였다. 소재의 경도 (HRC 59이상)가 매우 높기 때문에 다이아몬드 바이트를 사용하여 절삭가공을 하였다. Fig. 5는 절삭가공 공정을 보여주고 있다.

6. 결론

본 제작 공정 개발의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 기존 러시아에서 수작업을 통한 터빈 디스크 방전 기술을 토대로 국내 자동화 장비의 적용 및 10톤급 고압 터보펌프용 터빈 디스크 제작 기술을 개발 하였다.
- 2) 시제품 평가 및 본 품에 대한 검사 결과 설계조건을 만족하는 제품의 제작을 실현할 수 있었다.

- 3) 향후 대형 우주 발사체용 터보펌프 제작 시 적용할 수 있는 터빈 디스크 제작 기술 기반을 확립하였다.

후 기

본 보고는 과학기술부에서 시행하고 있는 민군겸용 기술과제의 지원을 받아 수행한 고압 터보펌프 개발과제의 일부로 수행된 내용의 일부이며, 그동안 국내에서 미진했던 고압 터보펌프의 제작기술 기반을 확립하게 도움을 준 관계자 여러분께 감사드립니다.