

# CFD 기법을 이용한 터닝센터 터렛 내부 유로 설계에 대한 연구 Design of Cooling System in Turret of Turning Center with CFD Method

\*#김원년, 이윤중

\*#W. N. Kim<sup>1</sup> ([kim.wonnyun@doosan.com](mailto:kim.wonnyun@doosan.com)), Y. J. Lee

두산 인프라이코어 기술원 가상 설계기술그룹

Key words : CFD, Turret, Turning center

## 1. 서론

최근 시장에서는 고성능 고효율 다목적 장비를 요구하는 추세이며, 이로 인하여 터닝 센터도 전형적인 터닝 공정 이외에 밀링 및 드릴링 공정까지도 가능한 제품들이 출시되어 있다. 이러한 터닝센터에는 터닝 바이트와 회전 스피들 구동부가 포함된 turret 이 장착되어 있다. 따라서 일반적인 축 방향 터닝 가공 후 가공물의 반경 방향으로 부가적으로 요구되는 홀 가공 및 형상 가공을 간편하게 수행할 수 있어 시장의 선호도가 높다.

그러나, 이러한 밀링 및 드릴링 공정을 위하여 turret 내부에 장착되어 있는 별도의 bearing 들과 gear 의 회전으로 높은 발열이 유발되며, 이로 인하여 발생한 구조의 열변형은 장비의 가공 정확도를 저하시킨다. 특히 가공물과 공구 간 발생하는 반경 방향 열변위는 연속 가공 정확도를 심각하게 저하시킨다. 따라서, 별도의 냉각 장치를 이용하여 turret 의 주요 발열원을 냉각하여 장비의 수명은 물론, 가공 정확도를 유지시켜야 한다.

이때, 냉각 장치를 구동하기 위하여 별도의 동력이 소모되므로, 장비 전체의 에너지 소비량이 증가하는 문제가 대두된다. 따라서, 냉각 장치의 냉각 성능을 향상시켜 에너지 소비를 저감하는 연구가 필요하다. 실험을 통하여 냉각 장치의 성능을 개선할 수도 있으나, 최근 컴퓨터와 해석 기술의 발달로 인하여 전산 유체 역학 기법을 응용하여 설계에 이용하는 것이 추세이다. 알려진 바와 같이 전산 유체 역학 기법을 적용할 경우, 국부적인 특성은 물론 전체적인 유동 및 열전달 특성을 관찰할 수 있으며, 시작품 제작에 필요한 비용을 절감할 수 있다.

본 연구에서는 현재 개발중인 제품의 Turret 내부의 유로 설계를 진행하면서 전산 유체 역학을 적용한 사례를 소개하고자 한다. 기존의 냉각 유로와 전산 유체 역학 기법을 적용하여 개선한 유로에서의 유동장을 비교하여 결과로 제시하고자 한다.

## 2. 모델링

본 장비는 압축기를 이용하여 고압을 가하여 유로 내부로 공기를 공급하여 turret 의 주요 발열부를 냉각하는 방식이며, 유로 형상은 다음의 Fig. 1 과 같다.

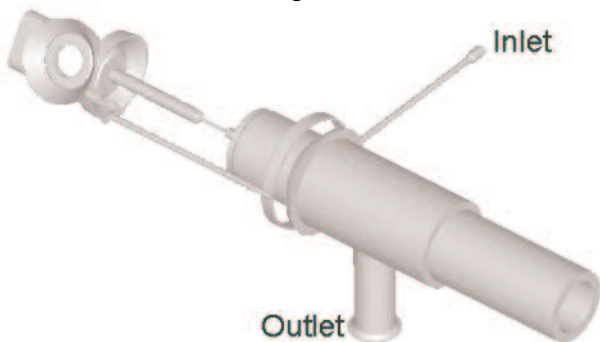


Fig. 1 Flow path inside the turret of turning center

입구에 고압을 가하여 공급된 공기가 gear room 과 주요 bearing 들을 냉각하고, 출구를 통하여 배출되는 구조이

다. 주 유로는 회전체의 중심축을 관통하여 형성되어 있으므로, 축대칭 부위의 경우는 경계 조건을 설정하여 회전 효과를 부여하였으며, 축대칭이 아닌 부위는 별도의 영역으로 설정하여 회전 좌표계를 적용하였다. 작동 유체는 공기로 설정하였으며, 공기의 밀도는 이상기체 방정식에 따르는 것으로 가정하였으며, 입구 온도는 25°C로 설정하였다. 실제 제품의 경우 고체와 공기 사이의 열전달이 발생하나, 본 연구에서는 유로만을 해석 영역으로 설정하였으며, 모든 벽면은 단열인 것으로 설정하였다. 출구에서 압력 조건을 설정하기 위하여 출구 부위에 출구 직경의 큰 가상의 반구가 부착된 것으로 모델링하였다. 실제 gear 를 원뿔대 형상으로 단순화 하였다. 유동장과 압력장을 동시에 해석하는 SIMPLE algorithm<sup>1</sup> 을 적용하여 해석을 진행하였다. 지배 방정식인 Navier-Stokes 식과 에너지 방정식의 대류항을 차분화하기 위하여, 고차 도식인 QUICK<sup>2</sup> 도식을 이용하였다. 이상의 방법을 이용하여 해석을 수행하기 위하여 상용 CFD software 인 FLUENT<sup>3</sup> 를 사용하였다.

## 3. 결과 및 토의

다음의 Fig. 2 에 유동장 및 압력장을 나타내었다. 입구를 통하여 공급된 유체가 직선형 구간을 지나서, 환형 구간을 지난 후, gear room 으로 공급되어 gear 부위를 냉각하고, 기어 중심부를 통과하는 유로를 통하여 외기로 배출된다.

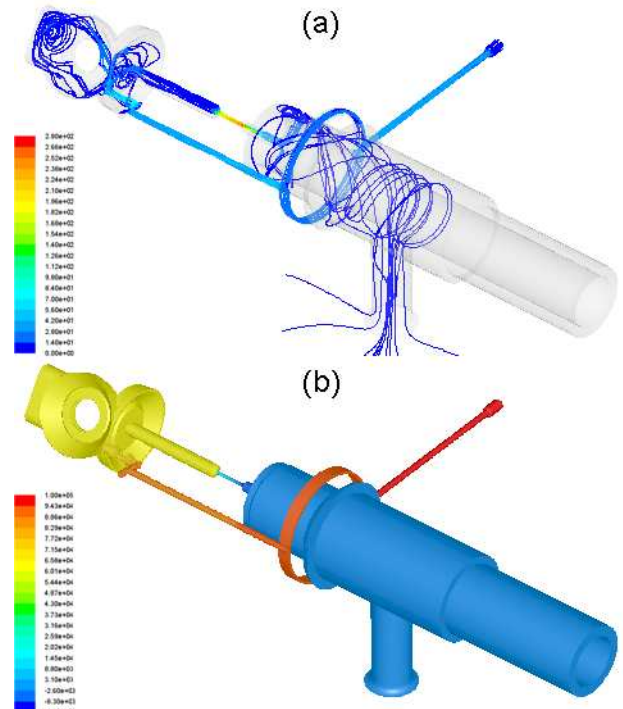


Fig. 2 Flow and pressure field of the original flow path; (a) pathlines, (b) pressure contours

Fig. 2(a)에 나타난 유동 특성을 보면, gear room 으로 공급된 유체는 gear 면을 냉각하고, gear 중심축을 통과하는 유로를 통하여 외기로 배출된다. 여기서 gear 중심축을 통과

하는 유로의 단면적이 급격히 변화하는 부위에서 유속 변화가 매우 큰 것을 관찰할 수 있다.

압력장에서도 앞서 언급한 위치인 gear 중심축 부위의 단면적 변화가 큰 부위에서 압력 강하가 큰 것을 관찰할 수 있으며, 이 부위를 개선할 경우, 전체적인 압력 강하량이 대폭 감소할 것을 예상할 수 있어 개선이 요구된다.

기본 유로에 대한 해석 결과를 바탕으로, 앞서 언급된 부위를 수정한 개선 유로 형상을 결정하였으며, 그 형상은 다음의 Fig. 3에 나타내었다.



Fig. 3 Improved flow path

개선된 유로에 대해서 유동 해석을 수행하였으며, 유동장과 압력장을 다음의 Fig. 4에 나타내었다.

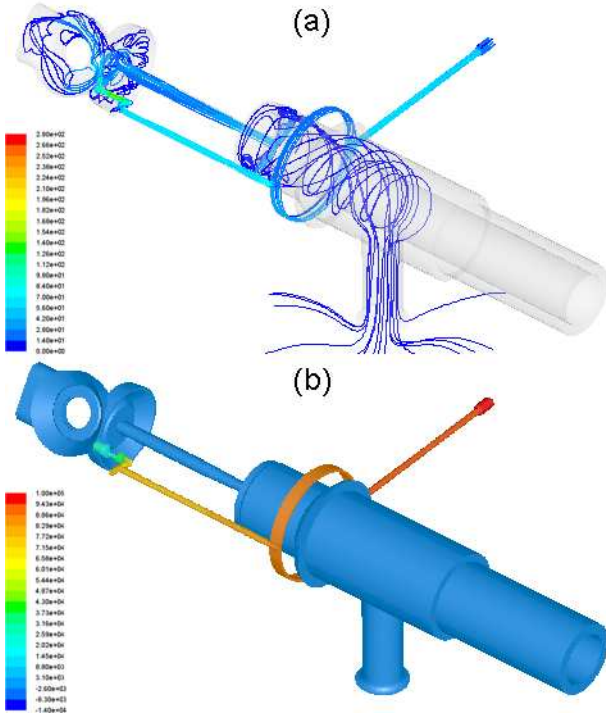


Fig. 4 Flow and pressure field of the improved flow path; (a) pathlines, (b) pressure contours

Fig. 4(a)에 나타낸 바와 같이 입구를 통하여 gear room으로 공급된 유체는 gear 면을 냉각하고 외기로 배출된다. 그러나, gear 축 중심을 지나는 유로 부위의 형상 수정으로 인하여 유속 변화가 크게 개선되었다. 압력장에서도 이 부위의 압력 강하가 크게 개선된 것을 관찰할 수 있다. 압력장의 개선으로 인하여 급기 부하가 감소하여, 동일한 입구 압력 조건하에서 냉각 유로로 공급되는 공기의 유량이 증가할 것으로 예상된다. 즉, 수정된 유로의 성능 향상폭을 확인하기 위하여, 기본 유로와 수정된 유로의 유량을 비교할 필요가 있다. 해석 결과를 바탕으로 유로를 통과하는 유량을 계산하였으며, 유로 개선을 통하여 유량이 약 47% 증가할 것으로 계산 되었으며, 그에 상응하는 정도의 냉각

성능 개선과 열변위 저감이 예상된다. 본 연구 결과를 바탕으로 한 냉각 유로 개선안이 현재 개발 중인 제품 개선에 반영되었다.

#### 4. 결론

개발중인 제품의 성능 개선을 위하여 전산 유체 역학 기법을 이용하였다. Turret 내부 유로에 대한 유동 해석을 수행하였으며, 해석 결과를 바탕으로 개선안을 도출하였고 이에 대한 해석을 수행하였다. 개선된 유로의 성능을 평가하기 위하여 공급 유량을 비교하였다. 개선된 유로의 경우 압력 강하 특성이 개선되어 유량이 약 47% 개선될 것으로 예상된다. 이 해석 결과를 바탕으로 개발중인 제품의 냉각 유로를 수정을 진행하였다.

#### 후기

본 연구는 태성에스엔이측의 Fluent 사용 지원으로 진행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Patankar, S. V., Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere, 1980.
2. Leonard, B. P. and Mokhtari., S., "ULTRA-SHARP Nonoscillatory Convection Schemes for High-Speed Steady Multidimensional Flow," NASA TM 1-2568 (ICOMP-90-12), NASA Lewis Research Center, 1990.
3. ANSYS, Inc, www.fluentusers.com.