보링바의 동특성에 따른 표면거칠기 거동에 관한 연구

A study on the surface roughness behavior based on the response characteristics of boring bar

*천세호 [1], 유군위 [1], 김정현 [2], #고태조 [3]

*S. H. Chun[1], J. W. Liu[1], J. H. Kim[2], #T. J. Ko(tjko@yu.ac.kr)[3]

[1] 영남대학교 대학원 기계공학과, [2] 경일대학교 기계자동차학부, [3] 영남대학교 기계공학부

Key words : Boring bar, Surface roughness, Response surface method

1. 서론

보링(Boring)은 다른 공정을 통해 형성된 구멍을 확장하는 공정이며 정확한 치수관리와 표면거칠기 확보가 중요하다. 선삭(Turning) 보링 작업에 사용되는 공구인 보링바(Boring bar)는 길고 가느다란 형상으로 인해 진동에 취약한 특징이 있다.[1]

Thomas[2] 는 외경 선삭시 절삭조건에 따른 모달 파라미터(Modal parameter) 변동을 조사하였다. 여기서 오버행(Overhang)이 증가 할수록 진동이 감소되는 현상을 언급하였다. 이는 오버행이 증가함에 따라 감쇠효과가 커지기 때문이라 분석하였다. 또한 진동의 크기는 강성보다 감쇠와 밀접한 연관이 있다고 하였다. 이를 바탕으로 천세호와 고태조 [3] 는 내경 보링시 보링바의 오버행과 절삭조건의 변화에 따른 응답특성에 관한 연구를 실시하였다. 실험결과 보링바의 오버행이 증가함에 따라 특정 구간까지만 진동이 감소되며, 진동의 크기가 최소화되는 응답 변곡점(Response inflection point)이 존재함을 밝혔다.

본 연구에서는 선행연구 [3] 에서 밝힌 응답 변곡점 효과를 상업제품의 제작 공정에 적용하였다. 반응값은 진동의 크기에 직접적으로 영향을 받는 표면거칠기로 선정하였고 반응표면법(Response surface method, RSM)[4] 을 통해 실험변수의 변동에 따른 표면거칠기 거동을 모델링하고 분석하여 실제 적용가능성을 파악하고자 하였다.

2. 실험

Fig. 1 은 실험을 위해 보링바를 선반에 장착시킨 형상을 보여준다.

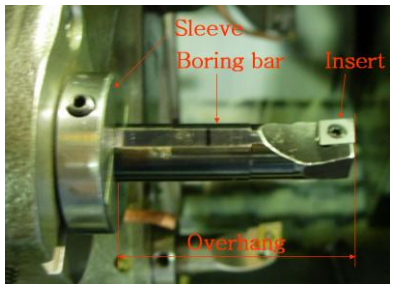

Fig. 1 Boring bar set-up

실험에 사용된 보링바는 TaeguTec Co.의 S16R SCLCR 09 를 사용하였고 인서트는 CCGW 09T308 LS TB650(Low CBN, 60%+TiCN)으로 선정하였다. 시편은 회전공구의 내경으로서 주축 아답터(Adaptor)에 밀착되는 부위이며 높은 표면품위를 요구한다.

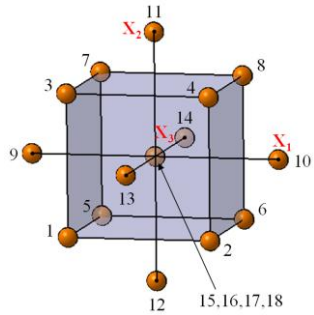

Fig. 2 Central composit design

시편의 재종은 AISI4140 강(Steel)이고 열처리하여 경도(H_RC 42~46)를 높였다. 내경의 깊이와 칩 배출성을 고려하여 보링바의 강성이

최대화되는 오버행의 길이(2.5D, D= Shank diameter)와 선행연구 [3] 를 통해 진동이 최소화되는 응답변곡점에서의 오버행의 길이(4D)를 선정하여 각각 실험을 실시 하였다. 실험에 사용된 선반은 Mazak Co.의 Multiplex 630 이며 주축 동력은 22kw 이다.

선정된 실험변수는 절삭속도(m/min), 이송(mm/rev) 그리고 절입깊이(mm)이며 Fig. 2 와 같이 중심합성계획 [4] 을 적용하여 설계하였다. 변환(Coding)된 변수와 실험조건은 Table 1 과 같다.

Table 1 Levels of the variables in the experiment

Coding	$-\sqrt{2}$	-1	0	1	$\sqrt{2}$
Velocity(X_1)	51.7	60	80	100	108.3
Feed(X_2)	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13
Depth of cut(X_3)	0.05	0.07	0.12	0.17	0.19

3. 결과 및 분석

Fig. 3, Fig. 4 그리고 Fig. 5 에서는 구축된 회귀모델에 대한 결과를 표면도(Surface plot)를 통해 나타내었다.

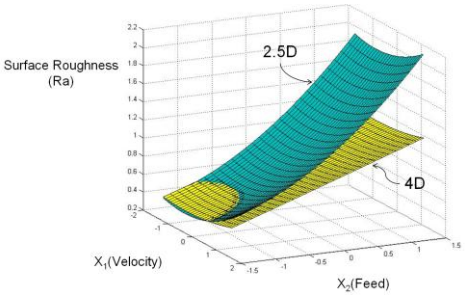

Fig. 3 Surface plot of regression model (X_1, X_2)

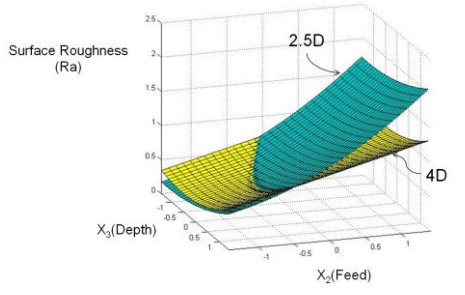

Fig. 4 Surface plot of regression model (X_2, X_3)

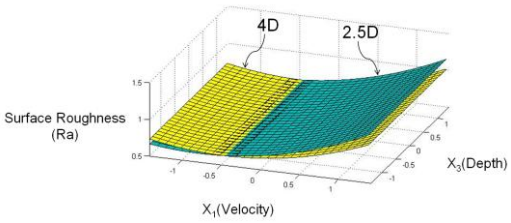

Fig. 5 Surface plot of regression model (X_1, X_3)

Fig. 3 에서 X_3(절입깊이)를 0 수준으로 고정하고 X_1(절삭속도)과 X_2(이송)의 수준변화에 따른 표면거칠기 거동을 나타내었다. 이송의 증가에 따라 오버행 2.5D 에서 표면거칠기가 급격하게 증가하고 있다. 반면 4D 에서는 완만하게 증가하는데 이는 감쇠효과가 우세하여 진동에 강건해졌기 때문이다. 이런 경향은 Fig. 4 에서와 같이 저이송 보다는 고이송 영역에서 두드러졌다. 그리고 Fig. 5 의 결과에서 저속 영역에서는 2.5D 가 양호한 표면거칠기를 나타내지만 절삭속도가 증가할수록 4D 의 기울기가 보다 완만하게 증가함을 알 수 있다. 그러므로 생산성을 고려했을 때 오버행 4D 가 더욱 적합할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 보링바의 비선형 응답특성을 상업제품의 생산공정에 적용하였다. 결과분석을 통해 고이송, 고속영역에서 응답변곡점 효과(Response inflection point effect)가 두드러짐을 알 수 있다. 그러므로 보링바의 응답 변곡점 효과를 고려한 물림방식은 생산성을 높이는데 유용하리라 판단된다.

참고문헌

1. Sandvik Coromant, “Modern Metal Cutting,” Boring VII, 1994.
2. Thomas, M., Beauchamp, Y., "Statistical investigation of modal parameters of cutting tools in dry turning," International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. **43**, issue 11, 1093-1106, 2003.
3. 천세호, 고태조, “선반용 보링바의 동적응답특성 변동에 관한 연구,” 한국정밀공학회지, Vol. **27**, No. 8, 62-69, 2010.
4. 박성현, "현대실험계획법," 민영사, 2003.