

SM45C의 레이저 보조 밀링에서 레이저예열 효과에 의한 공작물의 변형 해석

A deformation analysis of workpiece by laser preheating effect in laser-assisted milling of SM45C

*김동현¹, #이춘만¹

*D. H. Kim¹, #C. M. Lee(cmlee@changwon.ac.kr)¹

¹창원대학교 기계설계공학과

Key words : Laser-assisted Milling, Finite Element Analysis, Cutting Force

1. 서론

레이저 보조 가공은 레이저의 높은 순간 가열 능력을 공작물 가공에 이용하는 것으로 레이저 빔이 가공부를 예열하고 공구가 예열한 부위를 따라 가면서 가공하는 방법이다. 현재 레이저 보조 가공은 전 세계적으로 대부분 선삭에 적용되고 있으며, 마이크로 엔드밀에 일부 적용되고 있다.^{1,2} 그러나 자동차, 항공, 등의 분야에서는 복잡한 밀링 제품이 요구되기 때문에 레이저 보조 밀링의 개발이 요구되고 있다. 또한 배기밸브, 실린더 라이너 등의 자동차 부품이나, 가스터빈 등의 항공기 부품에 고품질의 난삭재 제품의 사용이 늘어나고 있다. 난삭재는 우수한 성질을 가지고 있지만 재료의 물리적·화학적 특성 때문에 일반적인 가공 생산이 어렵다. 이러한 난삭재 가공에 레이저 보조 가공을 이용하면 일반적인 난삭재 가공방식인 연삭가공에 비해 더 효율적으로 공작물을 가공할 수 있다. 본 연구는 난삭재 가공을 위한 레이저 보조 밀링에 관한 기초연구로서 레이저 예열 효과가 공작물 가공에 미치는 영향을 알아보는 것이 목적이다. 따라서 기초데이터 확보를 위해 비교적 가공이 쉬운 SM45C를 본 연구의 해석대상으로 선정하였다.

본 연구에서는 레이저 보조 밀링에서 레이저 예열효과에 의한 공작물의 온도분포를 고려하여 가공 시 발생하는 절삭력을 해석하였다.

2. SM45C의 예열효과

레이저 보조 밀링은 레이저 열원에 의해 공작물을 연화시켜 가공을 수행하기 때문에 재료의 적절한 온도 범위를 예측할 필요가 있다. 레이저 열원을 필요이상으로 강하게 조사할 경우 공작물에 변형이 생길 수 있고, 레이저 열원을 약하게 조사할 경우 가공효율을 감소시킬 수 있다. 따라서 공작물의 특성에 따라 적절한 온도를 예측하여 레이저 열원을 조사해야 한다.

본 연구의 해석대상인 SM45C는 어닐링 온도가 550 °C 이상, 변태점 온도는 약 726 °C이므로, 연화되어 잔류응력이 제거될 수 있는 범위로 550 - 726 °C를 예측할 수 있다. 하지만, 레이저 열원에 의한 가열은 매우 급속한 가열이므로 재료의 이력현상으로 인하여 변태점 온도는 크게 증가된다. 따라서 본 연구에서는 SM45C의 적정 예열 온도를 약 826 °C로 선정하였다.^{3,4}

난삭재 등 기타 재료들에 대한 예열 온도는 레이저의 여러 변수들을 조절하는 방법으로 적정 온도를 선정할 수 있다.⁵

3. 레이저 보조 밀링의 절삭력 해석

절삭력 해석을 위해 상용 해석소프트웨어 AdvantEdge를 사용하였다. Fig. 1은 SM45C의 레이저 보조 밀링 해석을 위한 해석모델을 나타내고 있다. 해석조건은 Table 1과 같다. 초기온도는 SM45C가 레이저예열효과에 의해 가열되었다고 가정하고 826 °C로 적용하였다.

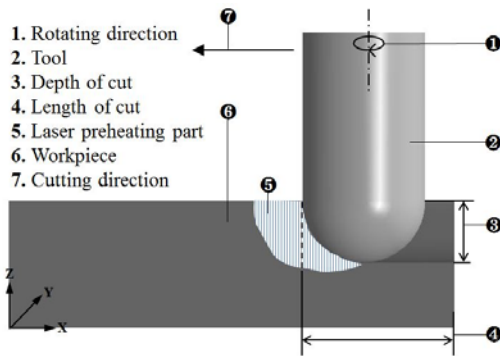


Fig. 1 Simulation model of laser-assisted milling process

Table 1 Cutting process parameters

Classification	Value
Rotational speed [rpm]	5,000, 10,000, 15,000
Feed rate [mm/tooth]	0.15
Teeth per cutter	2
Depth of cut [mm]	0.5

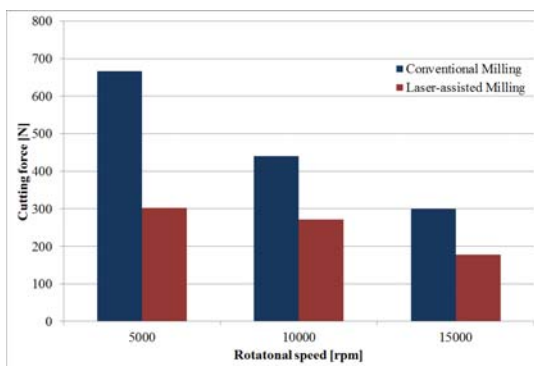


Fig. 2 Variation of cutting force for various rotational speed

Fig. 2 는 회전속도에 따른 절삭력 해석의 결과를 나타내고 있다. 회전속도 5,000rpm, 10,000rpm, 15,000rpm 에서 레이저 보조 밀링이 일반 밀링보다 절삭력이 각각 약 54%, 38%, 40% 감소함을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 SM45C 의 레이저 보조 밀링에서 레이저 예열효과가 공작물 변형에 미치는 영향을 분석하였다. 일반 밀링보다 레이저 보조 밀링에서 절삭력이 감소되는 것을 해석적으로 확인하였다. 향후 실험을 통해 본 연구의 결과를 검증한 후, 세라믹 등의 난삭재를 적용하여 추가 연구를 수행할 예정이다.

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0005688).

참고문헌

1. Rozzi, J. C., Pfefferkorn, F. E., and Shin, Y. C., "Experimental evaluation of the laser assisted machining of silicon nitride ceramics," Transactions of the ASME, Vol. 122, No. 4, pp. 666-670, 2000.
2. Rozzi, J. C., Pfefferkorn, F. E., and Shin, Y. C., "Experimental evaluation of the laser assisted machining of silicon nitride ceramics," Transactions of the ASME, Vol. 122, No. 4, pp. 666-670, 2000.
3. Jeong, W. C., "Optimization of Spheroidizing Annealing Conditions in SM45C Steel," J. of the Korean Society for Heat Treatment, Vol. 19, No. 3, 149-155, 2006.
4. 김도훈, "레이저가공학," 경문사, pp. 265-296, 2005.
5. Kim, K. S. and Lee, C. M., "Analysis of Moving Heat Source for Laser Assisted Machining of Plate by Feed Rate Control," J. of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 28, No. 12, 1341-1346, 2011.