

이산요소법을 이용한 쇼트피닝 공정에서의 커버리지 예측

Prediction for coverage of shot peening process using discrete element method

*이동현¹, #박준영²

*D.H.Lee¹, #J. Park(pcello@kumoh.ac.kr)²

¹금오공대 기계공학부 학부, ²금오공대 기계설계공학과

Key words : discrete element method, shot peening, coverage

1. 서론

쇼트 피닝 가공시 영향을 끼치는 중요한 요인 중에 커버리지(coverage)가 있다. 커버리지는 일정 면적에 대한 쇼트 피닝 자국(Dent mark)의 면적을 백분율로 정의한다. 제품의 생산 공정에서의 커버리지의 예측은 설계에서 실제 제품 생산에 이르기까지 균일한 품질의 제품을 생산하기 위해서 필수적이다. 하지만 현재까지 쇼트 피닝 가공의 커버리지에 관한 예측법은 구체화 된 것 없이 경험에 의존하고 있는 현실이다.

본 논문에서는 알갱이, 가루, 입자등과 같은 분체 유동의 해석에 자주 쓰이는 이산요소법(discrete element method)을 이용하여 쇼트 피닝 공정에서의 커버리지를 해석하고자 한다.

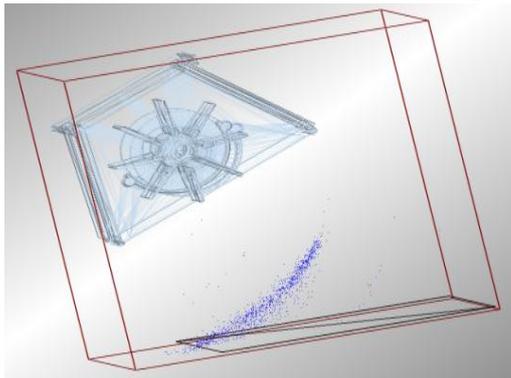


Fig. 1 Snapshot of simulation results by EDEM

2. 모델링 및 시뮬레이션 조건

원심식 쇼트 피닝기는, 3 차원 CAD 프로그램

인 CATIA 를 이용하여 모델링 한 후, DEM-Solutions 사의 이산요소법 상용 프로그램인 EDEM ver.2.3 을 사용하여 Fig. 1 와 같이 해석을 수행하였다.

Table 1 Simulation parameters

For 1.0mm Particle		
Properties	Value	Unit
Number of Blade	8	ea
Diameter of Particle	1	mm
Volume of Particle	5.23599E-10	m ³
Number of generated particle in a sec	4.407E+06	ea
Time for a revolution	0.028571429	sec
Number of particle for a revolution	125,925	ea
Number of particle for each blade	15,741	ea

본 해석에서는 지름 1mm 의 쇼트볼을 약 1000kg/min 의 질량 유량으로 생성하여 시뮬레이션을 진행하였고, 실제 공정에서 사용되는 수치와 비슷한 2100RPM 의 속도로 휠과 디스트리뷰터를 회전시켰다. 자세한 시뮬레이션 조건은 Table 1 에 나타내었다.

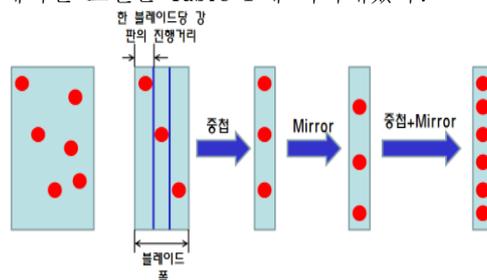


Fig. 2 Schematics of simulation process

Shot peening 공정은 모두 연속 공정이다. 그리고 가공품은 일반적으로 이송하는 선반 위에서 해머링 되기 때문에, 일정 영역은 쇼트 피닝기의 회전속도에 따라 하나의 블레이드에 의해서 투사되는 쇼트 볼에 의하여 약 20~30

회 정도 해머링을 당한다. 이러한 특성과 반대편에서 해머링을 해주는 피닝기의 효과도 고려하기 위하여, Fig. 2 에 나타낸 바와 같이 이렇게 중첩된 쇼트볼의 자국(Dent mark)을 미러링을 시켜 다시 한번 중첩시켰다.

3. 결과



Fig. 3 Averaged velocity variation of shot ball during simulation

Fig.3 에서는 시간에 따른 모든 쇼트 볼의 평균 속도를 보여주고 있다. 쇼트 피닝기는 약 0.05s 에서부터 회전을 시작하고 디스트리뷰터의 회전에 의한 원심력으로 인하여 평균 14m/s 의 속도로 회전을 하게 된다. 그 후 쇼트볼은 약 0.7s 에 컨트롤 케이지를 빠져나와 블레이드와 부딪히게 되고 쇼트볼은 블레이드에 의해 가속된다. 쇼트볼은 0.08s 에 약 60m/s 의 속도(이론값은 52m/s)로 블레이드에서 빠져나오고 약 0.09s 에서 가공품의 표면과 부딪혀 속도가 감소하게 되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 4 은 왼쪽에서 오른쪽으로 뿌려진 하나의 블레이드에 의해서 가공품의 표면에 가해진 쇼트볼의 자국의 깊이를 나타내고 있다. 검은색은 깊은 쇼트볼 자국을, 흰색은 얇은 쇼트볼 자국을 나타낸다. 평균 쇼트볼 자국의 깊이는 0.014mm 이며, 왼쪽에서 오른쪽으로 가면서 쇼트볼 자국이 희미해지는 것을 볼 수 있으며, 이는 왼쪽이 오른쪽보다 더 깊은 깊이로 쇼트볼을 맞은 것을 의미한다. 즉, 표면경화가 오른쪽 보다는 왼쪽에 집중될것을 알 수 있다. 또한, 흩뿌려진 쇼트볼의 자국은 전체적으로 타원형 분포를 가지는 것을 알 수

있다. 이러한 타원형 분포는 후에 오른쪽에서 왼쪽으로 뿌리는 반대편 쇼트 피닝기의 효과를 고려할 때, 중첩되는 부분의 위치를 결정할때, 중요한 의미를 가진다. 한편 쇼트볼의 형상이 구형이고, 구의 특성상 자국의 깊이와 자국의 면적은 일정한 관계를 가진다. 이를 이용하여, 중복되어서 투사된 쇼트볼의 면적을 제거한 후 커버리지를 계산하면 0.0727%에 해당한다.

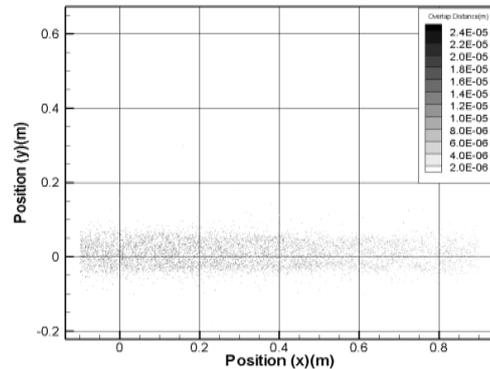


Fig. 4 Dent mark depths and positions by a blade on the plate.

4. 결론

본 논문에서는 이산요소법을 사용하여 쇼트 피닝 공정을 성공적으로 해석하였다. 주어진 조건에서는 쇼트볼이 약 60m/s 로 가공품 표면과 부딪히게 되는 것을 알 수 있었으며 최종적으로 중첩 및 대칭 후, 1mm 쇼트 볼의 커버리지가 약 20.9%가 나오게 되는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Bhuvaraghan, B., Srinivasan, S. M., Maffeo, B., McClain R. D., Potdar Y., Prakash O., "Shot peening simulation using discrete and finite element methods," *Advances in Engineering Software*, **41**, 1266-1276, 2010
2. 박기철, 김재익, "고강도 강판의 성형성에 미치는 Shot Blasting 가공 조건의 영향," *한국 소성가공학회 2008년도 춘계학술대회 논문집*, 341~344, 2008
3. 정성균, 이승호, "쇼트피닝 가공개론," *세화출판사*, 77-123, 2001 .