

## 연삭시스템의 최적연삭가공조건

이석우\*, 최영재, 허남환, 최헌중(한국생산기술연구원)

### The Optimum Grinding Condition Selection of Grinding System

S. W. Lee, Y. J. Choi, N. H. Hoe, H. Z. Choi(Korea Institute of Industrial Technology)

#### ABSTRACT

In silicon wafer manufacturing process, the grinding process has been adopted to improve the flatness of wafer. The grinding of wafer is usually used by the infeed grinding machine. Grinding conditions are spindle speed, feed speed, rotation speed, grinding stone etc. But grinding condition selection and analysis is so difficult in grinding machine. In the intelligent grinding system based on knowledge many researchers have studied expert system, neural network, fuzzy etc. In this paper we deal grinding condition selection method, Taguchi method and Genetic Analysis.

**Key Words** : Grinding condition (연삭조건), Genetic Analysis (유전알고리즘), Wafer grinding (웨이퍼 연삭), In-Feed Grinder (인피드 연삭기), Optimum condition (최적 조건),

#### 1. 서론

최근 가공의 페러다임은 다품종 소량생산의 생산 방식과 제품 생산의 리드타임(Lead Time)의 단축 및 가공 시간 단축을 통하여 비용을 절감함과 동시에 제품의 질적 향상을 통하여 생산성을 극대화 하는데 초점이 맞춰지고 있다. 많은 경우, 연삭은 기계가공 공정의 마지막 단계로 제품의 품질을 좌우하는 중요한 가공 공정이다. 연삭가공은 연삭기의 특성 및 스톨의 특성뿐 아니라 모제의 종류, 연삭속도, 연삭유의 성능, 가공조건 등 다양한 요인에 의해서 연삭 품질이 차이가 발생한다.

연삭가공에서 가공조건의 선정은 매우 복잡하여 해석적인 모델에 의해 쉽게 예측될 수 없기 때문에 핸드북이나 숙련된 운영자의 경험과 직관에 의지하는 것이 일반적이다.<sup>1</sup> 이러한 문제를 해결하기 위해서 가공 인자와 특성에 대한 데이터베이스를 구축하고 이로부터 최적가공조건을 선정함으로써 연삭가공의 효율성을 높이는 방안이 모색되고 있다.<sup>2</sup>

연삭가공기종 부가가치가 높은 연삭기로 웨이퍼 연삭 가공기, 페룰 연삭 가공기, 렌즈연삭가공기와 같은 연삭기가 있다. 이러한 연삭 가공기는 범용 연삭기와는 달리 특정제품을 연삭하도록 구성되어 있는 반면, 연삭 정밀도, 표면 품위 등이 중요하다. 또한 가공 정밀도가 높아 일반적인 연삭기와 같이 숙련자의 경험에 의해서 연삭조건을 잡기가 쉽지 않다. 제품의 형상정밀도, 표면품위, 연삭기의 정밀도 등 요구되는 정밀도가 높아 연삭조건에 의해서 정밀도가 많이 달라지게되면 각 연삭조건이 형상정밀도 및 표면 품위에 어떠한 영향을 미치는지 알기가 쉽

지 않다.

연삭가공에는 관여하는 인자들이 많고, 그 인자들 간의 상호작용으로 인하여 가공품위에 영향을 미친다. 이러한 각각의 인자에 대한 평가뿐만 아니라 인자들 간의 상호작용을 평가하는 것은 매우 중요한 일이다. 이와 같이 공정에 관여하는 인자들 사이의 상호작용을 효과적으로 분석하는 방법이 실험계획법(Design of experiments)이다. 다구찌(Taguchi)는 실험 계획법을 실험에 의하여 정보의 획득효율을 높여주기 위한 일반적인 기술의 전체라 정의하였고, 품질을 제품이 출하되면서 사회에 미치는 손실로써 정의하였다. 다구찌 방법은 제품성능 특성치에 영향을 주는 제어 가능한 인자들의 최적화 분석과정을 가능하게 한다. 유전자 알고리즘은 함수들 중에서 그 함수 값을 최대화하는 변수 값을 찾기 어려운 경우에 사용하는 방법이다. 본 논문에서는 일반적으로 사용하는 다구찌 방법에 의한 연삭조건의 최적화 하는 방법과 유전자 알고리즘을 이용한 방법 간의 차이와 변화를 분석하고자 하였다.

#### 2. 실험

웨이퍼 가공을 위한 인피드 연삭기(In-Feed Grinder)는 웨이퍼를 진공으로 척킹하고 회전하는 척테이블이 하부에 위치하여 있고, 상부에서 스톨을 일정한 속도로 회전하며, 가공을 하도록 구성되어 있다. 웨이퍼의 가공 정밀도에 영향을 미치는 변수는 다양하나 그중 가장 큰 영향을 미치는 인자를 선정하면, 스톨의 속도 (Wheel speed), 척테이블의 회전 속도 (Chuck speed), 재료제거율에 영향을 미치는 피

드 (Feed rate)가 가장 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.<sup>3</sup>

가공 실험을 위하여 기초실험을 거쳐서 Fig. 1과 같이 슛돌의 속도는 4200rpm과 4800rpm, 척테이블의 회전속도는 40rpm과 80rpm, 피드는 0.1um/s와 0.3um/s로 선정하였다. 선정된 실험 조건을 이용하여, 실험계획법을 이용하여 2수준 Full factorial로 실험을 수행하였으며, 실험 결과의 분석은 TTV(Total Thickness Variation)와 STIR(Site Total Indicated Reading)을 분석하였다.

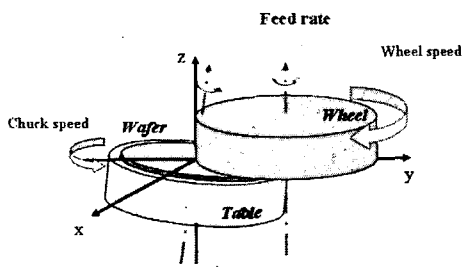


Fig. 1 Experiment Conditions of In-Feed Grinding

### 3. 최적연삭가공조건선정

최적가공조건을 선정하기 위하여 아래의 Fig. 2와 같은 방법을 사용하였다. 실험계획법을 이용하여 실험을 수행하고, 수행한 실험 결과 바탕으로 인자간의 영향과 교호작용을 분석한다. 분석결과를 바탕으로 최적 연삭가공조건을 선정하고, 회귀분석을 수행한다. 실험 계획법에 의한 회귀 분석결과를 이용하여 유전 알고리즘을 사용하여 최적조건을 예측한다. 실험계획법으로 분석한 결과와 유전 알고리즘의 결과를 비교하여 최적 가공 조건을 선정한다. 유전 알고리즘은 세대수 50세대, 선택방법으로는 Roulette Wheel을 사용하였다.

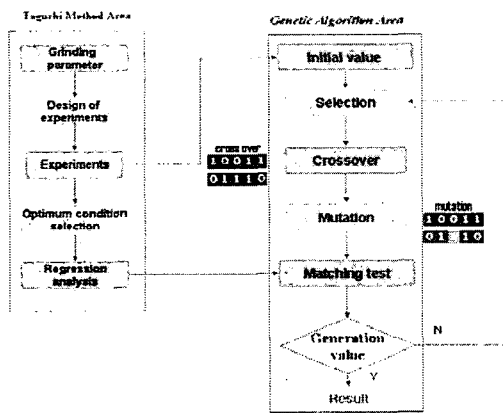


Fig. 2 Process of Optimum condition selection

실험결과 실험계획법을 통하여 최적 가공조건을 선정하면 슛돌의 속도는 4800rpm, 척테이블의 회전속도는 40rpm, 피드는 0.1um/s로 선정되었다. 또한 가공결과에 가장 큰 영향을 미치는 Main effect는 척테이블의 회전수로 분석되었다. 회귀 분석을 통하여 얻어지 회귀분석식을 이용하여 유전알고리즘을 통한 분석결과, 슛돌의 속도는 4630rpm, 척테이블의 회전속도는 40rpm, 피드는 0.1um/s로 선정되었다. 유전알고리즘을 사용하여 결과를 예측하면 TTV는 1.471um, STIR은 0.623um이다. 이 결과는 실제 실험결과(스�돌의 속도 4800rpm, 척테이블의 회전속도 40rpm, 피드 0.1um/s) TTV 1.175um, STIR 0.53um와 비슷한 결론을 얻을 수 있다.

### 4. 결론

웨이퍼 단면연삭기의 가공 최적조건 선정을 위하여 가공 조건 중 가장 많은 영향을 미치는 인자 3개를 선정하여 실험계획법과 유전알고리즘을 이용하여 최적연삭가공조건을 선정하였다. 최적연삭가공 조건 선정 결과, 실험계획법을 이용한 최적연삭가공조건 선정결과와 유전알고리즘을 통한 선정결과가 유사한 특성을 보이며, 최적 조건 선정이후의 가공 결과 또한 비슷한 결과를 보였다.

이러한 결과를 바탕으로, 다양한 가공조건을 선정하여 페룰 및 비구면 렌즈 연삭시스템등과 같은 연삭시스템에 적용하여야 할 것이다.

### 후기

본 연구는 산업자원부에서 주관하는 "고기능성 부품가공용 지능형 연삭시스템 개발" 과제 지원에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

### 참고문헌

1. Yang, M.-Y. and Sim, C.-G., "The Prediction of the cutting Force in Ball-End Milling with a Flexible Cutter", International Journal of Machine Tool & Manufacture. Vol.333, No.2, pp.267-284, 1993
2. Paulo Davim, J., Conceicao Antonio, C.A., "Optimization of Cutting Conditions in Machining of Aluminum Matrix Composites Using a Numerical and Experimental Model", Journal of Materials Processing Technology, Vol.112, pp.78-82, 2001
3. Anne Venu Gopal, P. Venkateswara Rao., "Selection of optimum conditions for maximum material removal rate with surface finish and damage as constraints in SiC grinding", International Journal of Machine Tools & Manufacture. Vol.43, pp.1327-1336, 2003