

Drill을 이용한 Die-Cavity 형상의 황삭 가공 경로 생성

임표*(전북대 대학원 기계공학과), 이희관(전북대 공업기술 연구소),
양균의(전북대 기계공학과)

The Roughing Tool-Path Generation of Die-Cavity Shape Using the Drill

P. Lim(Mech. Eng. Dept., CBNU), H. G. Lee(Mech. Eng. Dept., CBNU),
G. E. Yang(Mech. Eng. Dept., CBNU)

ABSTRACT

This paper presents rough cutting path drilling. This method has differences from conventional method which uses boundary curve by intersecting object to machine and each cutting plane. Die-cavity shape is drilled in z-map, we select various tool and remove much material in the short time. as a result, this method raise productivity. The major challenges in die-cavity pocketing include 1) finding an inscribed circle for removing material of unmachined regions, 2) selecting optimal tool and efficiently arranging tool. 3) generating offset surface of shape, 4) determining machined width according to the selected tool, 5) detecting and removing unmachined regions, and 6) linking PJE(path-joining element). Conventional machining method calling contour-map is compared with drilling method using Z-map, for finding efficiency in the view of productivity.

Key Words . Die-Cavity, Drilling(드릴가공), Roughing(황삭), Tool-path(공구 경로)

1. 서론

현재까지 자동차나 항공기 관련부품 및 가전제품 등의 대량 생산을 뒷받침해온 것은 금형 기술이었으며, 이것에 의존하여 균일한 제품을 저렴한 비용으로 대량 생산할 수 있었다. 하지만 기계 산업 기술들이 발전함에 따라 제품의 생산 방식도 다양해지고, 금형 산업도 시대적 흐름에 따라 고품질, 고정밀도, 원가 절감을 만족하도록 요구되어지고 있다. 또한 다양한 소비자의 욕구를 만족시키기 위해 디자인은 더욱 심미적이며 고급화 되어지고 있다. 예전의 노동 집약적인 금형 생산 시스템으로는 이와 같은 조건들을 충족시킬 수 없기에, 최근에는 자동화 공정을 통한 기술 집약적이며 동시 공학적인 생산 시스템으로 변화되어지고 있다. 이러한 금형 산업에서 절삭 공정의 가장 많은 부분을 차지하는 것이 황삭인데, 이 과정이 올바르게 수행되어지면 최종적인 수작업으로 소비되는 시간이 단축되어진다.

이 공정을 수행하기 위하여 기존에 사용되어졌던

방식은 contour map 방식인데, 이것은 pocket 형상을 일정한 거리의 평행한 가공평면으로 나누어 각 평면을 2D pocket으로 취급하여 영역을 제거하였다. 하지만 이 방식은 pre-drilling의 문제와 공구 이동시 충돌의 위험을 내포하고 있으며, 가공 형상에 따른 공구의 제약 때문에 발생하는 미가공 영역에 대한 문제와 이로 인하여 절삭 시간이 증가하기도 한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 기존 방식을 탈피해 Z-map 방식을 이용하여 형상의 Z점의 대한 정보를 얻고 적당한 위치에 drill을 이용한 황삭을 수행함으로써 기존의 연구에서 문제 되었던 pre-drilling과 공구 삽입시 발생하는 공구 충돌 문제가 없다. 또한 평면 가공시 생성되는 미가공 영역을 줄여 중·정삭시 chip load가 증대되는 영향도 줄였다.

2. 생산성 향상을 위한 공구 선정

황삭을 하면서 추구하여야 할 가장 중요한 것 중

의 하나가 바로 빠른 시간 내에 많은 양을 제거하는 생산성에 대한 것인데, 기존 방식에서는 형상에 적합한 하나의 공구로 경로를 생성하였다 이 방식은 형상이 복잡한 경우 가공시간이 증가되는데, 여기에서는 pre-drill을 없애기 위하여 drill 공구를 이용, 넓은 영역을 제거하고 미세거 영역은 milling을 이용하여 제거하는 다중 공구 방식을 사용해 경로를 생성하고자 한다. 이 방식은 milling 공구가 같은 지름의 drill 공구보다 재료 제거시 진행 속도면에서 빠르지만 재료 물림률과 시간에 대한 제거량을 비교해 보면 drill을 이용하는 것이 효과적이기에 선택되었다 더욱이 drill 공구 이용시 같은 크기의 milling 공구를 사용하였을 경우보다 싸다는 부수적인 장점이 있다.

2.1 형상에 내접하는 원 찾기

큰 공구를 사용하기 위해서는 형상의 기하학적 정보를 바탕으로 내접하는 가장 큰 원을 알아야 한다. 이 원의 지름이 가공 공구의 지름이 된다 (Fig 1) 이러한 내접원을 찾기 위한 방법으로 곡률 변화를 파악하여 곡률의 +, - 변환점을 기준으로 탄젠트한 직선들을 구하고, 이 직선과 경계 곡선과 만나는 점들에 직선들을 삽입하는 것에 의하여 형상을 근사화 하고, 이 형상과 접하는 내접원의 지름을 구하는 것에 의하여 공구의 최대 지름이 얻는다

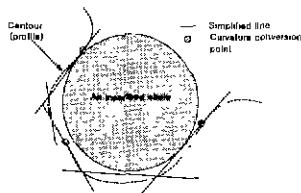


Fig.1 Researching an inscribed circle through curvature investigation

2.2 다중 공구의 사용

최대 내접원에 대한 공구 선택은 형상의 특성에 따라 미가공 영역이 많이 존재할 수 있다. 특히 형상에 선택된 공구보다 작은 병목을 포함한다면 이 영역에서 미가공이 일어난다 그렇다고 그 영역의 크기에 맞는 지름의 공구를 사용하면 많은 시간을 소비하므로 이 때에는 따로 내접원을 구하여 다중 공구를 선택한다.(Fig.2) 작은 공구를 사용하면 공정이 복잡해지므로 공구의 크기는 corner 경우를 고려한 최대 3가지로 제한한다 이 밖에도 drill 공구는 긴 바디 때문에 충격에 약하다는 것을 고려하여 원재료의 특성에 따라 공구 지름의 제한이 필요하다.

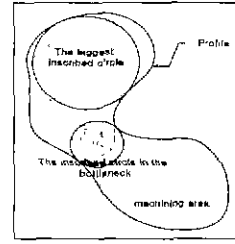


Fig. 2 The inscribed circle in the bottleneck

2.3 사용되어진 공구의 배열

첫번째 공구는 내접하는 가장 큰 원의 반지름을 계산하여 코너와 병목을 제외한 영역을 가공하며 두 번째 공구는 병목 영역을 가공할 때에 사용되며, 이것은 다음 공정을 수행하는데 chip load가 증가하는 것을 방지하여 시간 절약을 하게 한다. 특히 corner와 병목의 크기가 다른 경우에 유용하다. 세번째 공구는 남겨진 미가공 영역을 가공하는 것으로 사용된다.(Fig.3) 형상의 특징에 따라 이 세번째 공구는 생산성과 공구 파손에 대한 문제를 고려하여 사용을 줄일수록 좋다. 또한 나머지 미가공 영역과 cusp엔 end mill을 이용하여 제거한다.

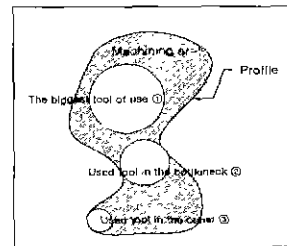


Fig. 3 Arrangement of multiple tool

3. 간섭없는 Drill 공구의 CL곡면 생성

CL면 생성시 CC점들이 외부로 돌출되어 각이진 지점에서는 CL점이 존재하지 않는다. 이때에는 공구 반지름으로 이루어진 원(공간상에서는 구)으로 영역의 CL점들을 만들어 준다. 그리고 Fig 4을 보면 반지름은 R이지만 끝점에서 곡면과 접촉시 $R \tan 30^\circ$ 이다. 그러므로 간섭을 피하기 위하여 offset 곡면 생성시 이 문제를 고려하여야 하고 이것은 미가공 영역이 발생한다는 것을 뜻하기도 한다

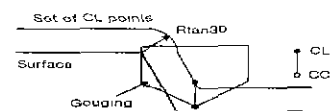


Fig. 4 Gouging of drill tool

이 문제는 가공평면에 따른 경계 곡선 및 영역을 정하는 것에 의하여 milling 공구로 제거할 수 있다

4. 가공경로 생성

Drill로 황삭 가공을 할 경우에 발생할 수 있는 가장 큰 문제는 경로를 생성한 공구와 공구 사이에 가공되어지지 않은 영역이 발생할 수 있다는 것이다.

4.1 Drill 가공폭의 결정

미가공 영역을 제거하기 위해서는 Fig 5에서 보여진 것과 마찬가지로 두번의 길이를 W로 가지는 정사각형의 대각선 길이가 D이어야 한다.

$$\begin{aligned}
 W^2 + W^2 &\leq D^2 \\
 W^2 &\leq \frac{1}{2} D^2 \\
 W &\leq \frac{\sqrt{2}}{2} D \\
 W &\leq 0.707D
 \end{aligned}
 \tag{식 5-1}$$

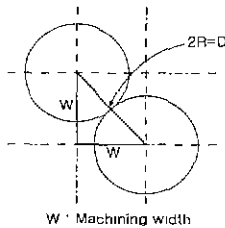


Fig. 5 Decision of machining width

Fig. 5와 식(5-1)에서 보여지는 바와 같이 공구 사이를 공구 지름의 0.7 정도로 정하면 현장에서 황삭 시 사용되어지는 1/3~1/4를 만족하므로 drill 가공폭의 조건에 충분히 만족하는 값이다. 단, 두번째 가공시 이미 가공된 영역을 포함한 채 가공할 경우 첫번째 가공으로 이미 가공된 영역을 절단된 칩으로 채워 가공하므로 drill 공구 전체에 걸리는 cutting load 값을 일정하게 유지시켜 줄 필요가 있다는 것이다.

5.2 미가공 영역의 탐색

선택된 공구로 형상 가공할 경우 가공되는 영역과 가공되어지지 않은 영역을 분리하여 구분한다. 이와 같은 미가공 영역은 Fig 6에서 보여진 것처럼 pixel 방식을 이용하여 구분한다. 이 방식을 통하여 첫 번째 공구로 가공되어질 수 없는 영역을 탐색한

후 다중 공구 선택에 의하여 2.3번째로 사용되어지는 공구에 의하여 미가공 영역을 제거하므로 drill에 의한 개괄적인 황삭 과정을 끝마칠 수 있다.

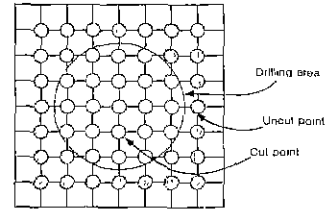


Fig. 6 Pixel classification

4.2 경계 곡선에서의 가공 및 cusp 제거

Drilling을 이용한 황삭 가공시 가장 큰 문제는 경계 곡선에서의 미가공 영역 가공과 최종면에서의 cusp 제거이다. 이것은 Z-map을 이용한 격자 이용 방식으로는 해결되어질 수 없으며, 특히 큰 공구로 가공하였 때에 격자점의 한계 때문에 더욱 커진다. 그러므로 본 논문에서는 이 두가지 문제점은 해결하기 위하여 flat mill을 이용했는데, 첫 번째 문제는 경계 곡선의 형상에서 공구 반지름만큼 offset된 곡선을 생성하여 공구 경로로 이용하는 것에 의하여 해결했으며, cusp는 contour map 방식으로 미가공 두께를 제거할 경우에는 각각의 평면에서 영역을 모두 고려하지만 여기에서는 drill을 이용하여 이미 황삭이 끝난 cusp가 남아있는 한정된 영역을 제거하는 것이므로 시간이 크게 절약되어졌다.

5. 가공 경로간 연결

Drill 공구의 가공 경로를 원활하게 연결하기 위하여, 여기에서는 2D milling 가공시 zig-zag가공의 공구 경로 연결에서 주로 사용되어진 monotone chain의 개념을 차용하였다. Drill 위치간의 폭과 가공할 영역의 형상을 적절히 반영하는 것에 의하여 공구 경로를 연결하였다. 또한, 실제 경로를 생성함에 있어서 기계적 부하와 편이성을 고려하여, 경로 이동 방향을 단지 X,Y 한 방향으로 하였다.

이것은 형상의 특징에 따라 만들어지는 monotone chain들을 적절하게 연결해 나가는 과정이며, 이렇게 결정된 monotone chain의 수는 scan-reflex vertex를 지나지 않은 한 변하지 않는다. 이렇게 만들어진 MCL를 적절히 삽입, 제거하는 것에 의하여 연결된 MCL의 집합을 얻을 수 있다. 이처럼 이전에 얻어진 가공폭에 따라 만들어지는 MCL의 집합 즉, 경로 연결 요소(path joining element ; PJE)를 적절하게 연결하는 것이 바로 Fig. 7과 8에서 보여지는 형상의 영역을

구분하고 나누는 작업이다. 이렇게 나누어져 분할된 영역을 최소 거리로 연결하는 것으로 drill을 이용한 영역 가공간의 경로 연결을 마무리 지을 수 있다.

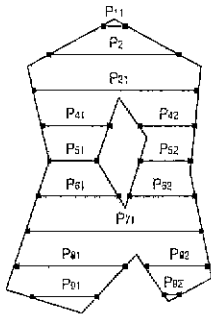


Fig. 7 PJE (path joining element)

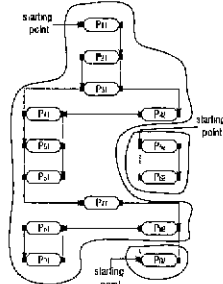


Fig. 8 Area-grouping using PJE

6. Procedure 구현

앞에서 설명되어진 사항을 바탕으로 하여 drill을 이용한 가공경로 생성에 procedure를 알아보면 다음과 같다.(Fig 9)

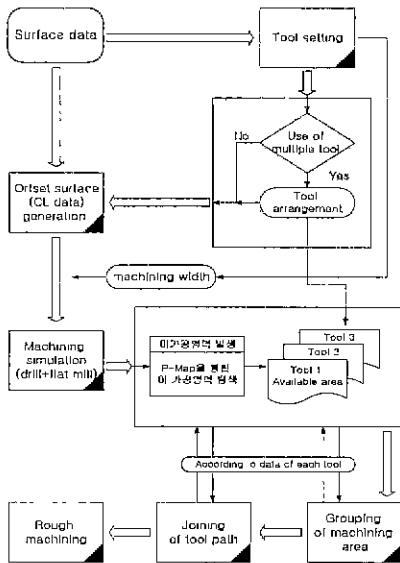


Fig. 9 Procedure

7. 결론

본 연구에서는 기존의 방식을 사용할 경우 발생하는 pre-drilling에 대한 문제와 공구 삽입시 가공 형상의 충돌에 대한 문제를 해결하기 위하여 기존

가공 방식과는 다른 drill을 이용하여 형상의 가공 경로를 생성하였다. 기존의 가공 방식에 대해서는 많은 연구가 이루어졌지만 drill을 이용한 방식은 새롭게 시도되어진 방식이며, 또한 기존의 contour map을 이용한 2가지 방식과 본 논문에서 제안되어진 방식을 상용 소프트웨어인 SGI 기반의 CATIA (version 4.2)을 통하여 생산성에 기초하여 비교하여 보았다. 형상에 따라 약간의 차이는 있었지만, 시뮬레이션을 통하여 대략 30-40% 정도로 시간이 감소하는 효과를 볼 수 있었으며, 실질적인 NC code line 수도 대략 50% 정도 줄어드는 것으로 나타났다. 특히 cavity 형상의 넓은 중심부의 재료를 제거할 경우나 형상 넓이에 비하여 깊이가 깊은 형상인 경우에 더욱 유리하게 나타났다. 반대로 깊이가 깊지않은 형상의 경우에는 cusp를 제거하기 위하여 소요된 시간이 더욱 증가하는 단점을 가지기도 하였다. 후후에 연구되어야 할 부분은 미가공 영역을 최소로 하기 위하여 다중 공구 배열에 대한 문제를 DB화 할 수 있는나 하는 문제일 것이다.

참고문헌

1. 김남훈, 최종순, 1997, '알기 쉬운 금형'
2. Martin Held, 1991, 'On the computational geometry of pocket machining'
3. Byoung K. Choi and Bo H. Kim, 1997, 'Die-pocketing via cutting simulation Computer-Aided Design, Vol 29, pp 837-846'
4. S.C Park and B.K. Choi, 2000, 'Tool-path planning for direction-parallel area milling' Computer -Aided Design, Vol 32, pp 17-25'
5. Byoung K Choi, Dae H Kim and Robert B Jerard, 1997 'C-space approach to tool-path generation for die and mould machining' Computer-Aided Design, Vol. 29, No.9, pp. 657-669'
6. Dharmaraj Veeramani and Yuh-Shying Gau, 1997, "Selection of an optimal set of cutting-tool sizes for 2.5Dpocket machining' Computer-Aided Design, Vol 29, No. 12, pp 869-877'
7. 조시완, 1997, 'z-map 모델을 이용한 금형의 3축 NC 가공 공구 경로 생성과 NC 모의 가공', 전북대학교 석사학위논문
8. S E, Sarma, 1999. "'The crossing function and its application to zigzag tool paths' Computer-Aided Design, Vol 31, pp 881-890'
9. Kai Tang, Shuo-Yan Chou and Lin-Lin Chen, 1998, "An algorithm for reducing tool retractions in zigzag pocket machining'. Computer-Aided Design. Vol. 30, No. 2, pp 123-129'