

3 축 밀링 가공의 공구 충돌 검증

정연찬*, 박정환**

Verification of Tool Collision for 3-Axis Milling

Yun Chan Chung*, Jung Whan Park**

ABSTRACT

Verification of tool collision is an important issue in die and mold machining. In this paper three functions of verification for 3-axis milling machining are schematically explained. Operators of geometric models are explained at first, which will be used in the functions of verification. The first verification function is getting a collision-free region when a tool assembly and a part surface model are given. The second function estimates the shortest length of cutter shank with that the tool cuts all of a region without collision. The last one is cutting simulation considering all parts of tool assembly as well as cutter blade. Proposed approaches can be easily implemented by using several basic operators of geometric model. An example to calculate collision-free region is presented also.

Key Words : 3-Axis Milling(3 축 밀링 가공), Tool Collision(공구 충돌), Verification(검증), Cutting Simulation(모의 가공)

1. 서론

자동차의 내판 혹은 외판을 성형하는 프레스 금형은 물론이고, 가전제품의 외장을 성형하는 사출 금형은 최종 적인 제품의 외관과 제품 개발 주기에 결정적인 영향을 미친다^[1]. 이들 사출 금형과 프레스 금형의 형상과 구조는 점점 복잡해지고 있는데, 그 원인은 크게 두 가지로 요약된다. 첫 번째는 제품 외관에 관한 최종 사용자의 심미적 요구가 날로 높아지기 때문이다. 이러한 결과로 최근의 금형 형상면은 CAD/CAM 시스템을 이용한 자유곡면으로 모델링 되고 있다. 두 번째 원인은 제품의 개발 주기를 단축하고 생산성을 높이기 위해 사출 혹은 프레스 공정의 수를 줄이려는 노력이 금형의 구조를 복잡하게 하고 있다.

금형이 복잡해지면서 부분적으로는 5 축 가공이 필요한 구조와 형상을 가지게 되었지만, 대부분의 국내 사출 금형 및 프레스 금형 업계에서는 3 축 밀링 가공으로 금형을 생산하고 있다. 업계에서 5 축 가공기를 보유하고 있지 않는 측면도 있지만, 신뢰성 있는 5 축 가공 경로 데이터를 생성할 수 있는 CAD/CAM 시스템이 아직 없으며, 업계에서 5 축 가공에 관한 경험 기술이 부족하기 때문에 판단된다. 또, 작업물의 셋업을 바꾸면 대부분의 경우 3 축으로 가공 가능하다. 몇몇 특수한 경우에는 어태치(attachment)를 부착해서 한 축을 고정한 고정 4 축으로 가공하기도 한다.

일반적인 CAD/CAM 시스템은 가공 경로 데이터를 계산할 때 가공 공구와 피삭재와의 충돌 여부를 고려하지 않는다. 충돌을 고려하는 기능이 있는 경우에도 아주 제한적인 용도이거나, 비현실

2001년 9월 10일 접수

* ㈜큐빅테크 큐빅기술연구소

** 영남대학교 기계공학부

적으로 많은 계산 시간을 필요로 하는 경우가 대부분이다. 일반적으로 CAD/CAM 시스템에서 가공 경로를 계산할 때, 공구의 날(blade) 부분 형상만을 고려하고 공구의 생크(shank)와 공구를 잡고 있는 홀더(holder) 혹은 척(chuck) 등의 형상은 고려하지 않기 때문이다(Fig.1의 공구 부착 명칭 참조). 또, 가공 여유 살이 붙어 있는 피삭재를 고려하지 않고 최종 형상면으로만 가공 경로 데이터를 계산하기 때문이다.

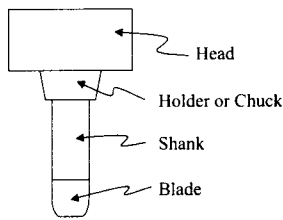


Fig. 1 Tool Assembly

사출 혹은 프레스 금형 가공에서 공구 충돌은 치명적인 재해의 가능성과 생산성 및 제품의 품질에도 영향을 미친다. 최근, 금형의 생산성을 높이기 위해 고속 가공기를 사용하는 경우가 많은데, 고속 가공기에서는 5,000~20,000 mm/min의 이송 속도로 움직인다. 따라서 공구와 피삭재가 충돌하는 경우 기계의 손상은 물론이고 안전사고로 이어질 가능성이 매우 크다. 그리고 충돌로 인해 금형 가공 표면에 손상이 발생해서 용접을 하는 경우는 금형의 품질 뿐 아니라 최종 제품의 품질에도 영향을 미치게 된다. 피삭재를 새로 준비해서 가공하는 경우에는 소재와 추가적인 가공 비용이 발생하며 납기에 영향을 미치게 된다^[1].

3축 밀링 가공에서 공구 충돌 검증은 사용자 관점에서 1)충돌 없는 영역 산출, 2)최소 생크 길이 산출, 3)모의 가공의 세 가지로 나뉠 수 있다. '충돌 없는 영역 계산'은 주어진 공구(생크, 홀더 포함)로 충돌 없이 가공할 수 있는 가공 영역을 계산하는 것이다. 공구의 종류가 제한적이거나 가공성 등의 이유로 공구가 미리 지정되는 경우에 필요한 검증이다.

'최소 생크 길이 산출'은 홀더가 주어질 때, 충돌 없이 모든 영역을 가공할 수 있는 최소 생크 길이를 산출하는 검증이다. 일반적으로 생크의 길이가 짧을수록 공구의 떨림이 적기 때문에

작업자는 최대한 짧은 공구를 사용하려고 하며, 일반적으로 홀더는 공구의 크기(지름)에 따라 정해지기 때문에 이러한 검증이 필요하다.

'모의 가공'은 실제 피삭재를 가공하기 전에 안전하고 값싸며, 가공성이 좋은 소재를 미리 가공해 보는 것이다. 가장 확실하게 공구 충돌 여부를 확인하는 방법이며, 과거에는 스티로폼을 가공 소재로 많이 사용하였다. 그러나 최근에는 더욱 저렴하면서도 수치적인 검증이 용이한 컴퓨터 모의가공이 일반적인 검증 방법으로 인식되고 있다^[2].

관련 기존 연구로는 Anderson^[13]과 Hook^[12]등을 시작으로 Jerard^[14], Oliver^[15], Saito^[16], Chung^[11]등의 많은 연구들이 있는데, 이들의 연구는 모두 모의 가공에 관한 것이며, 공구의 생크, 홀더 등에 응용할 수도 있겠으나 기본적으로는 공구의 날 부분만을 고려하고 있다. 충돌 탐색에 관한 연구로는 Choi^[7]의 문헌에서 찾아 볼 수 있다. 그러나 충돌을 고려한 가공 가능 영역에 관한 탐색과 생크의 길이 계산에 관한 기존의 연구는 찾아보기 힘들었다.

본 연구에서는 특별한 구분이 없는 한 공구를 잡고서 공구와 함께 움직이는 기계의 헤드와 공구 홀더, 어댑터 등의 공구 뭉치 전체를 '홀더'라는 용어로 사용하겠다. 또, 공구의 "충돌"이란 절삭이 가능한 공구의 날을 제외한 생크 혹은 홀더가 피삭재와 부딪히는 것을 의미한다.

2 장에서는 충돌 검증을 위해 필요한 형상 모델의 연산자를 정의하고, 그러한 연산자를 이용해서 충돌 검증의 방법론을 3, 4, 5 장을 통해서 제시하고자 한다. 6 장에서는 결론과 함께 간단한 예제를 보이고자 한다.

2. 충돌 검증을 위한 형상 모델의 연산자

물체의 형상을 나타내는 정보를 일정한 형태로 표현 혹은 저장한 것을 '형상 모델'이라고 하는데, CAD/CAM 시스템에서는 흔히 곡면 모델과 솔리드 모델로 나뉜다^[3]. 형상 모델의 종류와 무관하게 충돌 검증 계산을 위해서는 아래에서 설명하는 연산 기능이 필요하다.

2.1 평행 이동 연산

충돌 검증 계산을 위한 형상 모델의 좌표 변환 연산은 Z-축 방향의 평행 이동만 필요하다. 형상 모델의 Z-축 방향 평행 이동 연산을 식(1)과 같이 표현하자.

$$M_{out} = \text{TransZ}(M_{in}, z) \quad (1)$$

where M_{in} : 입력 형상 모델
 M_{out} : 평행 이동된 형상 모델
 z : Z-축 평행 이동량

2.2 불리안 연산

본 연구에서는 3 축 가공의 충돌만을 고려하기 때문에 형상 모델의 일반적인 불리안 연산^[4]이 아닌, Z-축 방향의 불리안 합과 차를 계산할 수만 있으면 된다. 이들 연산은 식(2), (3)과 같이 표현하자.

$$M_{out} = M_1 + M_2 \quad (2)$$

$$M_{out} = M_1 - M_2 \quad (3)$$

2.3 최대 Z 값 연산

주어진 형상 모델의 최대 Z 값을 얻어오는 연산으로 식(4)와 같이 표현하자.

$$z = \text{MaxZ}(M) \quad (4)$$

where M : 입력 형상 모델
 z : 형상 모델의 최대 Z-값

2.4 수평면과의 교선 계산

주어진 형상 모델을 특정한 높이의 수평면으로 자를 때 생성되는 교선을 구하는 연산이다. 얻어진 교선은 영역을 형성하게 된다. 이러한 연산은 식(5)와 같이 표현하자.

$$\text{Region} = \text{IntersectionZ}(M, z) \quad (5)$$

where M : 입력 형상 모델
 z : 수평면의 Z-높이
 Region: 영역

2.5 오프셋(Offset) 연산

형상 모델을 R 만큼 오프셋 하는 것을 고려할 때, 그 형상과의 최단 거리가 R 인 점들의 집합을 오프셋 형상이라고 한다^[5]. Fig.2 는 오프셋 연산을 2 차원적으로 보여 주고 있다. 이러한 오프셋 연산은 간단한 솔리드 모델의 경우 비교적 쉽게 구현될 수 있지만, 여러 개의 곡면으로 정의되는 복잡한 형상 모델의 경우에는 구현이 용이하지 않다. 따라서 대부분의 CAD/CAM 시스템에서는 오

프셋 연산을 위해 삼각형 망(Triangular Net) 등의 특별한 형상 모델을 이용한다.

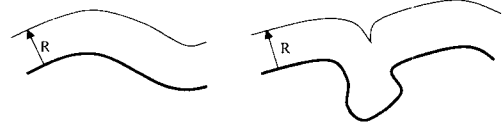


Fig. 2 Offset Operation

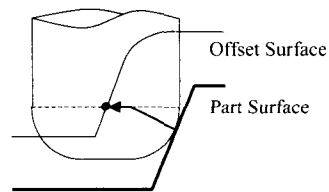
형상 모델 M_{in} 을 거리 R 만큼 오프셋 하는 경우를 식(6)과 같이 표현하자.

$$M_{out} = \text{Offset}(M_{in}, R) \quad (6)$$

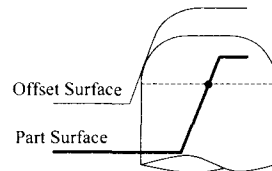
where M_{in} : 입력 형상 모델
 M_{out} : 오프셋 모델
 R : 오프셋 거리

2.6 공구 오프셋 연산

형상의 일반적인 오프셋 연산은 최단 ‘직선’ 거리 개념을 적용하지만, 공구 오프셋 연산은 공구의 형상에 따른 거리 개념이 사용된다. 볼엔드밀(ball-endmill)의 공구 오프셋 면은 최단 직선 거리가 공구의 반경과 같은 점들의 집합이다. 따라서, 볼엔드밀의 공구 오프셋 연산은 일반적인 오프셋 연산과 같다. 그러나, 평엔드밀(flat-endmill)의 경우에는 평면거리가 공구 반경과 같은 점들의 집합이다.



(a) Set of Tool Center Point



(b) Tool Envelop

Fig. 3 Tool Offset Operation

공구 오프셋 면의 개념적인 해석은 두 가지가

가능하다. 첫 번째는 공구가 곡면을 침범하지 않으면서 최대한 곡면에 가까이 놓인 공구 중심점들의 집합으로 공구 오프셋 면을 해석하는 것이다. Fig.3(a)는 이러한 해석을 2 차원적으로 보여주고 있다. 또, Fig.3(b)와 같이 공구를 거꾸로 세우고, 공구의 중심점을 원래 곡면 위의 모든 점에 위치시킬 때 형성되는 공구의 포락면(envelope surface)으로 해석하는 것이 두 번째 해석 방법이다. 따라서, 공구 오프셋 연산을 역공구 오프셋(inverse tool offset) 연산 이라고도 한다^[1].

형상 모델의 특성에 따라 공구 오프셋 연산의 구현은 달라질 수 있는데, 모의 가공에 흔히 사용되는 Z-Map 모델의 경우에는 공구의 포락면으로 해석하는 것이 계산의 효율을 높일 수 있다^[6]. CAD/CAM 시스템에서 가공 데이터 생성을 위한 공구 오프셋 연산은 대개 삼각형 망을 이용하는 것으로 알려져 있다.

형상 모델 M_{in} 을 주어진 공구 T 로 공구 오프셋 하는 경우를 식(7)와 같이 표현하자.

$$M_{out} = ToolOffset(M_{in}, T) \quad (7)$$

where M_{in} : 형상 모델
 M_{out} : 공구 오프셋 모델
 T: 공구

2.7 복잡한 형상의 공구 오프셋 연산

공구의 날(blade) 부분만이 아니라 생크, 홀더 등으로 구성된 복잡한 형상의 공구 뭉치를 고려하는 경우에도 개념적으로는 2.5 절의 공구 오프셋 연산과 같다. 그러나, 실제적으로는 복잡한 공구를 몇 개의 간단한 기본 형상으로 나누고, 그 각각을 오프셋 한 이후에 불리안 합을 취하면 쉽게 복잡한 형상의 공구 오프셋 연산을 구현할 수 있다^[1].

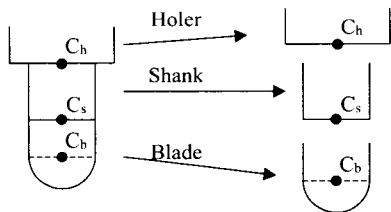


Fig. 4 Tool Assembly

설명의 편의를 위해 Fig.4 와 같은 공구를 가정

하자. 이 공구는 그림에서 표시된 것과 같이 세 개의 기본 공구 형상으로 나뉠 수 있으며, 각각을 날, 생크, 홀더라고 하자. 이때, 날의 중심은 C_b 이며, 생크의 중심은 C_s 이고, 홀더의 중심은 C_h 이라고 하자.

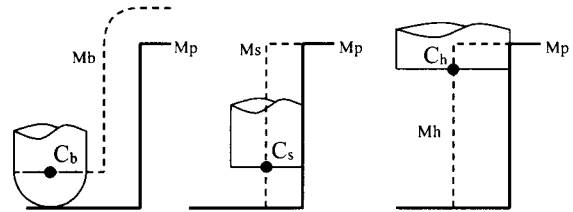


Fig. 5 Tool Offset for Each Component

Fig.5 는 날, 생크, 홀더의 공구 오프셋 연산을 2 차원에서 개념적으로 보여주고 있다. 이때, M_p 는 원래의 형상 모델이고 M_b, M_s, M_h 는 각각의 공구 오프셋 면이다.

Fig.6 에서는 각각의 오프셋 면을 평행이동하고 불리안 합을 취하면 최종 오프셋면(M_o)이 얻어진다는 것을 보여주고 있다. 이때, 각 오프셋 면의 Z-축 평행 이동량은 전체 공구 뭉치의 중심점과 각 기본 형상의 중심점간의 변위만큼씩 이다. Fig.6 에서는 공구 뭉치의 중심점은 Fig.5 의 C_b 라고 가정한 것이다.

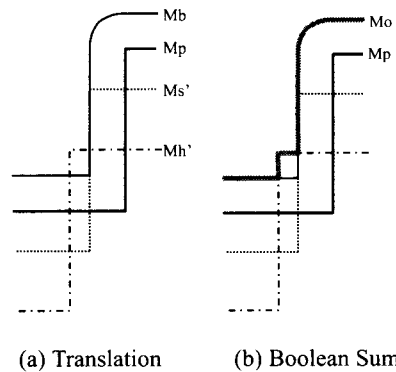


Fig. 6 Translation and Boolean Sum

Fig.4 와 같은 형상의 공구 오프셋 연산을 2.1 절과 2.2, 2.6 절에서 설명한 연산자로 표현하면 식(8)과 같다.

$$M_o = M_b + M_s' + M_h' \quad (8)$$

where $M_s' = \text{TransZ}(M_s, -H_s)$
 $M_h' = \text{TransZ}(M_h, -H_h)$
 $M_b = \text{ToolOffset}(M_p, T_b)$
 $M_s = \text{ToolOffset}(M_p, T_s)$
 $M_h = \text{ToolOffset}(M_p, T_h)$
 $H_s = C_s.z - C_b.z$
 $H_h = C_h.z - C_b.z$
 T_b : 공구의 날
 T_s : 생크
 T_h : 홀더

3. 충돌 없는 영역 산출

충돌 없는 영역은 가공에 사용할 공구가 이미 정해져 있을 때, 그 공구로 충돌 없이 가공 가능한 영역을 산출하는 문제이다. 본 절에서는 앞 절에서 정의된 형상 모델의 연산자들을 이용해서 홀더의 충돌이 없는 영역을 산출하는 방법을 설명하고자 한다.

충돌 없는 영역은 개념적으로 공구 위치면(3.3 절 참조)에서 공구 충돌면(3.2 절 참조)을 빼고 남은 영역이다. 공구 위치면은 최종 가공 형상을 기준으로 생성되며, 공구 충돌면은 피삭재 형상을 기준으로 생성된다.

설명 편의를 위해 Fig.4 의 공구를 예제로 사용 하겠다.

3.1 피삭재 형상 생성 : M_{stock}

가공 이전 단계의 피삭재 형상 정보를 입력 받을 수 있고, 그 형상을 피삭재 모델로 한다면 좀 더 정확한 충돌 검증이 가능하다. 그러나 최종 가공 형상은 CAD/CAM 시스템에서 모델링 되기 때문에 쉽게 얻을 수 있지만 가공할 피삭재는 수가공으로 만들어지거나 이전 가공 단계에서 다른 가공을 통해 만들어지기 때문에 곧장 얻을 수 없다. 피삭재 형상을 생성하는 방법은 상황에 따라 다양할 수 있는데 다음과 같이 네 가지로 구분할 수 있다.

첫째, 자동차 외관과 같은 대형 프레스 금형의 경우 일정한 가공 여유가 있는 주물을 가공 피삭재로 사용한다. 그리고, 사출 금형의 경우에도 충삭이 끝나면 가공 여유가 일정하다고 가정할 수

있다. 이와 같이 최종 가공 형상(M_{part})에 일정한 가공 여유(t)가 있는 피삭재의 형상(M_{stock})은 식(9) 과 같이 생성할 수 있다.

$$M_{stock} = \text{Offset}(M_{part}, t) \quad (9)$$

where, M_{part} : 최종 형상면
 t : 가공 여유 살의 두께

둘째, 사각 블록 형상에 기초하는 사출 금형과 같은 경우에는 CAD/CAM 시스템에서 피삭재 형상(M_{stock})을 직접 모델링 해서 사용할 수 있다.

셋째, 모의 가공 기능을 갖춘 CAD/CAM 시스템을 사용하는 경우에는 모의 가공된 형상을 다음 단계 가공의 피삭재 형상(M_{stock})으로 사용할 수도 있다.

넷째, 가공 여유가 아주 적은 최종 정삭 가공 일 때는 최종 형상(M_{part})을 피삭재 형상(M_{stock})으로 가정할 수도 있다. 그러나, 이러한 방법은 실제 있을 충돌을 놓칠 위험이 있다.

이전 단계의 모의 가공 결과를 다음 단계의 가공 피삭재로 사용하는 세 번째 방법이 가장 정확한 충돌 검증 결과를 얻을 수 있다. 그러나 모의 가공은 통상 많은 계산시간을 필요로 하며, 충돌 검증은 상당히 큰 공차로 계산하는 경우가 많기 때문에 첫째 혹은 넷째 방법으로 피삭재의 형상을 얻는 것이 더 적절할 수도 있다.

3.2 공구 충돌면 생성 : $M_{collision}$

충돌은 공구의 날 부위를 제외한 생크와 홀더, 혹은 기계의 헤드가 충돌을 일으키는데, 이러한 충돌 가능성이 있는 부위를 공구 오프셋 해서 충돌면을 생성한다. 충돌면 위쪽은 충돌이 없는 충돌 자유 영역(collision free space)이 되며, 충돌면 아래쪽은 충돌 영역이다. Choi^[7]는 그러한 영역을 C-space (configuration space)라는 개념으로 설명하였다.

$$M_{collision} = M_s' + M_h' \quad (10)$$

where, $M_s' = \text{TransZ}(M_s, C_b.z - C_s.z)$
 $M_h' = \text{TransZ}(M_h, C_b.z - C_h.z)$
 $M_s = \text{ToolOffset}(M_{stock}, T_s)$
 $M_h = \text{ToolOffset}(M_{stock}, T_h)$
 M_{stock} : 피삭재 형상 모델
 T_s : 생크
 T_h : 홀더

2 장에서 설명한 연산자로 공구 충돌면을 표시

하면 식(10)와 같이 나타낼 수 있다. Fig.7 은 2 차원적인 개념으로 충돌면 생성 과정과 의미를 보여 주고 있다. 개념적 이해를 돕기 위해 2.6 절에서 설명한 역공구 오프셋 방식으로 나타내었는데, 공구를 피삭재면을 따라 움직여 보면 음영 처리된 공구의 생크와 홀더 부분의 궤적면이 충돌면을 만듦을 알 수 있다.

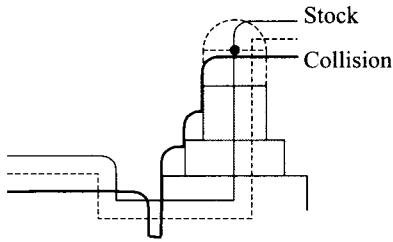


Fig. 7 Collision Surface

3.3 공구 위치(Cutter Location)면 생성 : M_{cl}

공구 위치면은 실제 공구가 가공 경로를 따라 움직일 때, 공구의 중심점이 형성하는 곡면이다. 따라서 식(11)과 같이 공구 위치면을 얻을 수 있다. 3.2 절의 식(10)에서는 피삭재 형상과 날을 제외한 생크와 홀더가 입력되었지만 식(11)에서는 최종 형상과 공구의 날만 입력된다. Fig.8 은 공구 위치면의 2 차원적인 설명을 보여주고 있다.

$$M_{cl} = ToolOffset(M_{part}, Tb) \quad (11)$$

where, M_{part} : 최종 가공 형상면
 Tb : 공구의 날

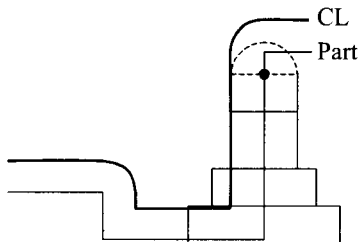


Fig. 8 Cutter Location Surface

3.4 충돌 없는 영역 산출

최종적으로 충돌 없는 영역을 찾기 위해서는 다음과 같은 연산이 필요하다.

$$Region = IntersectionZ(M_{sub}, 0+\epsilon) \quad (12)$$

where, $M_{sub} = M_{cl} - M_{collision}$
 M_{cl} : 식(11) 공구 위치면
 $M_{collision}$: 식(10) 공구 충돌면
 ϵ : 허용 공차 ($\epsilon > 0$)

이때, 허용 공차 ϵ 을 조절함으로써 충돌 없는 영역의 안전성을 높일 수 있다. Fig.9 는 공구 충돌면과 위치면을 함께 표시한 것이며, 굵은 선으로 표시된 부분이 충돌 없는 영역에 해당한다.

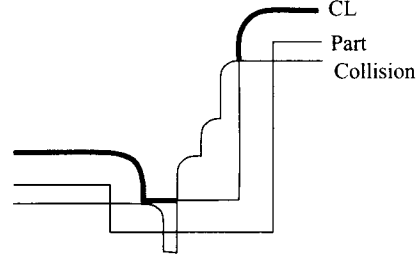


Fig. 9 Collision & CL Surface

4. 최소 생크 길이 산출

본 장에서는 사용할 공구의 홀더와 날에 해당하는 공구의 크기가 정해져 있을 때, 충돌 없이 가공할 수 있는 생크의 최소 길이를 산출하는 방법을 설명하고자 한다. 이것은 가능한 짧은 공구로 가공하려는 작업자의 필요성을 만족할 수 있다. 개념적으로는 생크를 제외한 공구 충돌면을 구한 후, 공구 위치면과 높이 차이를 구하면 충돌이 없는 최소 생크의 길이를 구할 수 있다. 피삭재 형상(3.1 절)과 공구 위치면(3.3 절)은 3 장과 동일한 방법으로 얻어진다. 그러나, 공구 충돌면의 경우에는 생크의 길이가 주어지지 않았기 때문에 생크의 길이가 0 인 공구로 공구 충돌면을 구해야 된다. 따라서, 공구 충돌면은 식(13)로 표현되며, 공구 오프셋 면의 평행 이동량이 식(10)과 다름을 알 수 있다.

$$M_{collision} = TransZ(Mh, -H) \quad (13)$$

where, $Mh = ToolOffset(M_{stock}, Th)$
 $H = (Ch.z - Cb.z) - (Ch.z - Cs.z)$
 $= Cs.z - Cb.z$
 Th : 홀더
 M_{stock} : 피삭재 형상

공구 충돌면과 공구 위치면이 얻어지면 최소 생크 길이는 식(14)으로 표현된다.

$$L_s = \text{MaxZ}(M_{\text{collision}} - M_{\text{cl}}) \quad (14)$$

where, $M_{\text{collision}}$: 식(13)의 공구 충돌면
 M_{cl} : 식(11)의 공구 위치면

이 방법은 가공면 전체를 고려하는 공구의 최소 생크 길이를 구하는 방법이기 때문에 펜슬 가공 혹은 잔삭 가공에 곧바로 적용하기에는 어려움이 있다. 펜슬 혹은 잔삭과 같이 가공면의 일부만을 가공하는 경우에는 가공이 필요한 영역만으로 식(13)의 공구 오프셋면(M_h)을 구하는 것이 적합하다. 또, 펜슬 혹은 잔삭 가공 경로가 이미 얻어진 경우에는 가공 데이터의 공구 경로를 따라 이동한 공구의 궤적면으로 공구 오프셋면을 구하면 최적화된 생크의 길이를 효율적으로 구할 수 있다.

5. 모의 가공

개념적으로는 공구가 움직일 때, 생크 혹은 홀더가 피삭재에 닿는지 여부를 확인하는 것이며, 바로 직전까지 가공된 피삭재의 형상과 비교하는 것이 가장 정확하다. 따라서 공구 움직임 하나하나의 모의가공을 수행하면서 충돌을 확인하는 것이 일반적이다^[1]. 모의가공은 계산량이 많기 때문에 금형 가공과 같이 가공 데이터의 양이 많은 경우에는 Z-Map 에 기초한 계산 방법이 타당한 것으로 평가되고 있다.^[8,9,10,11,12]

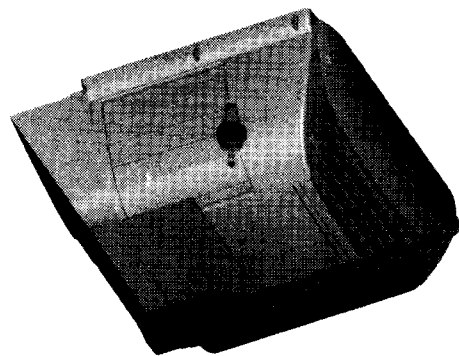
공구가 움직일 때 생성되는 공구 이동 궤적면(tool swept volume)과 피삭재 형상의 비교 방법은 다음 세 가지로 나뉘어 진다.

- 1) 기본 공구 형상(원통, 원뿔)으로 분해한 궤적면을 모델링해서 순차적으로 계산
- 2) 하나의 궤적면으로 모델링해서 계산
- 3) 짧은 간격으로 공구를 이동 하면서 샘플링

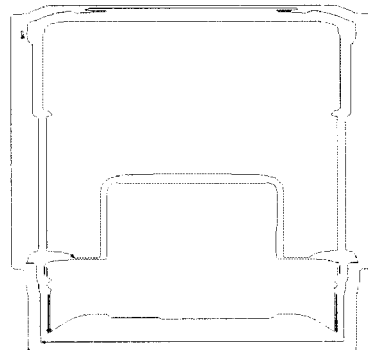
첫 번째 방법은 공구의 어느 부위와 충돌이 발생했는지 확인 할 수 있지만 같은 좌표점을 모든 기본 궤적면에 대해 계산해야 하기 때문에 계산량이 많은 단점이 있다. 그러나 두 번째 방법은 하나의 좌표점에 대해서 한번의 계산만 필요하지만 충돌 부위 확인이 곤란하다. 그리고 이 방법은

구현이 가장 복잡하다는 단점이 있다. 세 번째 방법은 아주 쉽게 구현할 수 있는 장점이 있지만 가장 많은 계산 시간을 필요로 한다.

본 연구에서는 복잡한 형상의 공구를 기본 공구 형상(구, 원통, 원뿔)으로 분해해서 참고 문헌(10)과 (11)에 기술된 방법으로 궤적면을 모델링한 후에 피삭재와 비교하는 방법을 사용하였다.



(a) TV Cabinet Back-cover



(b) Curves for Collision-free Region

Fig. 10 Collision-free Region

6. 결론

본 연구에서는 3 축 밀링 가공에서 필요한 공구 충돌 검증의 필요성과 그 방법을 세가지로 분류, 정리하였다. 또, 세가지 충돌 검증의 구체적인 구현 방법론을 제시하였으며 구현에 필요한 형상 모델의 연산자를 소개하였다. 대부분의 형상 모델들이 소개된 연산자를 다양한 방법으로 지원

하고 있으므로 제안된 충돌 검증을 실제 구현하는 것은 어렵지 않다고 판단된다. 그러나, 실시간 혹은 사용자가 기다릴 수 있을 정도의 시간에 계산 결과를 낼 수 있는 구현을 하기 위해서는 필요로 하는 연산을 효율적으로 지원하는 형상 모델의 선택이 중요하다. Z-Map 형태의 형상 모델이 3 축 충돌 검증에는 가장 적합한 것으로 판단되는데, 측벽에서의 계산 정밀도와 다축 가공을 동시에 고려하기 위해서는 삼각형 망 형태의 형상 모델이 적합한 것으로 평가된다.

Fig.10 은 30 인치 텔레비전 캐비닛의 뒤쪽 형상에 대해서 그림에 나타난 것과 같은 형상의 공구(지름 16mm)로 충돌 없는 영역을 산출한 예이다. 계산에 소요된 시간은 1 분 25 초이며, 계산 정밀도는 1mm 이다(펜티엄 III 1GHz, 255MB 주 메모리).

본 연구에서 제시한 최소 생크 길이 산출은 생크가 곧은(straight) 형상인 경우에만 가능한 방법이다. 테이퍼가 있거나 다단인 경우를 고려한 추가 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 과학기술부의 기술용역사업과 국가 지정연구실 사업(2000-N-NL-01-C-273)의 지원으로 수행된 연구개발과제 입니다.

참고문헌

1. 정연찬, “금형가공용 통합 CAM 시스템을 위한 가공데이터의 모의가공과 검증에 관한 연구,” 박사학위논문, 한국과학기술원, 1996.
2. 최병규, 정연찬, “Z-map 을 사용한 모의가공과 NC-code 의 검증,” 산업공학, 8 권, 3 호, pp.155-169, 1995.
3. 최병규, 전차수, 유우식, 편영식, 정연찬, CAD/CAM 시스템과 CNC 절삭가공, 사이텍미디어, 2001.
4. 김성환, 이건우, 김영진, “비다양체 모델을 수 요하는 CAD 시스템 커널을 위한 볼리안 조작 의 개발,” 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 1 권, 1 호, pp. 20-32, 1996.
5. B.K.Choi, Y.C.Chung, J.W.Park and D.H.Kim, “Unified CAM-system architecture for die and mold manufacturing,” Computer-Aided Design, Vol. 26, No. 3, pp. 235-243, 1994.
6. 정연찬, “Z-Map 곡면의 오프셋과 블렌드 곡 면 형성에 관한 연구,” 석사학위논문, 한국과학기술원, 1991.
7. B. K. Choi and R. B. Jerard, Sculptured Surface Machining, Kluwer Academic Publishers, pp. 131-137, pp. 162-164, 1999.
8. B. K. Choi, Surface Modeling for CAD/CAM, Elsevier, 1991.
9. 박정환, 정연찬, 최병규, “Z-map 모델을 이용한 정밀형상 모델링,” 한국정밀공학회지, Vol. 15, No. 11, pp. 180-188, 1998.
10. 정연찬, 최병규, “모의가공을 위한 공구 이동 궤적면의 비매개변수형 모델링,” 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 1 권 제 1 호, pp. 45-55, 1996.
11. Yun C. Chung, Jung W. Park, Hayong Shin and Byoung K. Choi, “Modeling the surface swept by a generalized cutter for NC verification,” Computer-Aided Design, Vol. 30, No. 8, pp. 587-594, 1998.
12. T. V. Hook, “Real time shaded NC milling display,” Computer Graphics, Vol. 20, No. 4, pp. 15-20, 1986.
13. R. O. Anderson, “Detecting and eliminating collisions in NC machining,” Computer-Aided Design, Vol. 10, No. 4, pp. 231-237, 1978.
14. R. B. Jerard et al., “Methods for Detecting Errors in Numerically Controlled Machining of Sculptured Surfaces,” IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 9, No. 1, pp. 26-39, 1989.
15. J. H. Oliver and E. D. Goodman, “Direct Dimensional NC Verification,” Computer-Aided Design, Vol. 22, No. 1, pp. 3-9, 1990.
16. T. Saito and T. Takahashi, “NC Machining with G-buffer Method,” Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH), Vol. 25, No. 4, pp. 207-216, 1991.