

사출금형 형상부 가공을 위한 공구 선정 시스템 개발

양학진*(호서대학교 대학원 기계공학과), 김성근**(호서대학교 기계공학과),
허영무***(한국 생산 기술 연구원), 양진석***(한국 생산 기술 연구원)

Development of Tool selection System for Machining Model Part of Injection Mold

H.J. Yang(Mechanical. Eng. Dept., HOSEO), S. K. Kim(Mechanical Eng. Dept., HOSEO),
Y. M. Heo(KITECH), J. S. Yang(KITECH)

ABSTRACT

As consumer's desire becomes various, agility of mold manufacturing is most important factor for competence of manufacturer. In common works to use commercial CAM system to generate tool path, some decision making process is required to produce optimal result of CAM systems, The paper proposes a methodology for computer-assisted tool selection procedures for various cutting type, such as rough, semi-rough and finish cuts. The system provides assist-tool-items for machining of design model part of injection mold die by analyzing sliced CAD model of die cavity and core. Also, the generating NC-code of the tool size is used to calculate machining time. The system is developed with commercial CAM using API. This module will be used for optimization of tool selection and planning process.

Key Words : Tool Selection (공구 선택), Slicing Feature (분할 특징형상), Permission Tool Item (허용 공구 항목), Cutting Type (가공 형식), Optimization Tool (최적 공구), Machining Time (가공 시간)

1. 서론

소비자의 욕구가 다양해지면서 제품을 생산하는데 필요한 금형의 수요가 증가하므로, '가공 정밀도 향상'을 기반으로 한 '제작 시간 단축'이 업체의 경쟁력을 향상시키는 요인으로서 부각되고 있다. 금형 제작 시간은 금형의 크기와 복잡도에 따라 다소 차이가 있지만⁽¹⁾, NC-code 생성 및 가공 시간에 대부분을 투자한다. 그리고, 상용 CAM 시스템 활용 측면에서도 지능적인 기능이 활용되고 있는 것이 아니라, 90% 이상을 공구 경로 생성을 위해서 사용되고 있다.

즉, 공구 경로 생성에 투자하는 시간을 줄이는 것이 금형 제작 시간을 단축시키는 데 직접적인 영향을 미친다고 볼 수 있으며, 이러한 연구는 현재 많이 수행되었다. H. S. Kim⁽²⁾은 아일랜드를 포함하지 않은 임의의 2½차원 포켓에 대해 공구 형식, 직경, 포켓 윤곽의 형상과 정삭에 필요한 표면 공차를 부여하여 포켓 경계 윤곽의 최적화 동적 오프셋 (dynamic offset)을 구하기 위한 알고리즘을 개발하

였다.

S. G.. Lee⁽³⁾은 CAD 데이터를 바로 이용할 수 있는 매개 변수형 방식의 공구 경로를 생성하였다. 그리고 기존의 매개 변수형 공구 경로 생성에서 나타난 단점을 보완하고, 허용 오차를 만족하면서 데이터 양을 줄일 수 있는 방법과 여러 개의 패치로 이루어진 곡면에 대해 연속적인 공구 경로를 생성할 수 있는 방법을 제시하였다.

이상의 연구를 비롯하여 공구 경로를 생성하는 연구가 많이 진행되었지만^(4,5,6), 공구 경로 결정에 기여하는 정보로서, 절삭 방법(Cut Method), 스텝오버(Stepover) 그리고 공구 경로 옵션(Tool Path Options) 등과 같은 요인들은 공구의 크기에 의존하는 요소이므로, 공구의 경로 결정에 앞서 공구의 최적 크기에 관한 결정이 선행되어야 하지만^(7,8,9,10,11,12,13), 상대적으로 미흡하다. Y. M. Kyoung^(10,11)은 백워드 접근방법(Backward approach)에 의해 포켓형상의 가공에 있어서 황삭 가공을 위한 절삭층의 형상과 그에 따른 최적 공구의 선정을 다루었으며 인접한 절삭층의 가공에 할당된 공구들

을 연속적으로 사용할 수 있도록 함으로써 공구 교환횟수를 감소시키기 위한 공구 결합 알고리즘을 개발하였다. 또한 가공 시간을 최소화하는 최적 공구의 크기 및 공구 조합을 찾기 위하여, 공구선정 문제를 대안공구집합에서 최소가공시간을 주는 공구의 조합을 선택하는 이산형 조합문제로 보고, 최적 해를 찾기 위해 분기 한계법을 사용하였다. 하지만, 계산시간이 오래 걸린다는 점을 감안하여, 각 노드에서의 현가공 시간을 하계로 설정하여 총가공 시간을 계산할 때 실가공 시간과의 오차가 발생할 수 있으며, 후보공구집합을 구하기 위한 공구의 최소 크기 및 최대 크기에서 절삭층의 윤곽선을 읊셋하여 구한 공구 경로와 실제적인 공구가 지나갈 때, 과절삭에 대한 오차 범위를 설정하지 않았다. 이러한 과절삭은 가공 형식별 단일 공구 설정에 대하여 연구를 한 Alan C. Lin⁽¹²⁾ 도 마찬가지이다.

또한, 지난 연구결과⁽¹³⁾ 에서 과절삭에 대한 보안점을 찾아볼 수 있으나 미흡한 점이 있으며, 또한 형상부에 있어서의 공구 조합에 대한 언급이 없었던 점을 보완하려고 한다. 여기서, 미흡한 점은 허용 공구 항목을 구할 때, 가용 최소 공구 크기에 대한 과절삭의 오차 값을 적용하지 않았다는 점이다.

본 연구에서는 주어진 형상부에 대한 허용 공구 항목을 비롯하여 각각의 가공 형식에 적합한 공구 정보를 작업자에게 추천하는 것이다. 그리고 가공 형식별 추천 공구를 검증하기 위하여 상용 CAM 시스템을 통하여 NC-code 를 생성한 다음에 가공 시간을 계산하여 작업자에게 보여 줌으로써 신뢰성을 높이는 모듈을 개발하였다.

이 모듈의 흐름도를 간단하게 설명하면 다음과 같다. (1) 주어진 형상부의 제거 형상(Removal Model)을 얻는다. (2) 이 제거 형상에 대하여 절삭 깊이만큼씩 Z 축 방향으로 평행한 가상 수직평면, 즉 절삭층(Cutting Layer)을 만든다. 그리고 가용 공구 크기를 구할 때 필요한 정보들을 얻는다. (3) 이 값들을 통하여 가용 공구 크기를 구하고, 금형 업체에서 갖고 있는 공구 데이터베이스와 비교를 하면서 허용 공구 항목을 얻는다. (4) 이 허용 공구 항목을 토대로, 각각의 가공 형식에 맞는 정보들을 기반으로 계산한 다음에 추천 공구 정보를 보여준다. (5) 이 공구별 상용 CAM 시스템으로 NC-code 를 생성하며, 이 NC-code 를 통하여 가공 시간을 계산하여 CAM 작업자에게 보여줌으로써, 추천 공구에 대한 신뢰성을 얻는다. (6) 그리고 마지막으로 작업자의 의사 결정에 따라 공정 추가 작업(Adding Operation)을 한다.

위와 같은 모듈을 상용 CAM 시스템인 Unigraphics V16.0 - CAM 시스템의 응용프로그램 인

터페이스(API)를 사용하여 개발하였다. 이 모듈은 최적의 가공 경로를 설정하기 위한 모듈의 전 단계 모듈이며, 사출 금형 CAM 지원을 위한 가공 형식별 공구 선정 시스템으로 통합 개발하였다.

2. 이론적인 배경

2.1 허용 공구 항목

다음과 같은 이론적인 배경에 의하여 가용 공구 크기의 범위를 구할 수 있으며, 이러한 공구 크기의 범위는 금형 업체에서 갖고 있는 공구 항목과 비교를 하면서, 허용 공구 항목을 얻을 수 있다.

2.1.1 가용 최소 공구 크기

공구의 최소 크기는 가공 오차 값을 고려하여 윤곽선 내부에서 윤곽선 따라 이동할 때, 폭이 좁은 간극이 존재하더라도 공구 후퇴가 발생하지 않고 공구가 지나갈 수 있도록 모든 영역에 접근이 가능한 최대 크기의 공구를 의미한다.

따라서 최소 공구 크기 결정에 관여하는 요소는 (1) 볼록 정점에서의 커브에 대한 라운드 반경과 오목 정점에서의 커브까지의 수선의 길이, (2) 한 오목 정점과 다른 오목 정점과의 직선 거리이다. 임의의 한 정점에서 위와 같은 결정 요소에 의한 가용 가능한 최대 길이를 모든 정점에 대해 구하고 이들 중에서 가공 오차 값을 고려하여 최소인 것을 최소 공구 크기(TD_{small})로 결정하며, 다음과 같이 표현된다.

$$TD_{small} = \min(2r_i, w_j) - IT_f \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{where, } \begin{cases} r_i : \text{round radius at convex vertex } i \\ w_j : \text{strait width at concave vertex } j \\ v_c : \text{number of convex vertices} \\ v_v : \text{number of concave vertices} \\ i: 1, 2, \dots, v_c ; j: 1, 2, \dots, v_v \\ IT_f : \text{In-Tolerance in Finish Cutting} \end{cases}$$

여기서, IT_f 는 현장 조사를 통해서 얻은 값으로서 다음과 같다.

	Intol	Outtol	PartStock
Rough	0.03	0.12	1.00
Semi-Finish	0.03	0.03	0.30
Finish	0.03	0.03	0.00

Table 1. Value for Method Filed

2.1.2 가용 최대 공구 크기

가공을 위한 최대 공구 크기는 절삭층 및 형상부의 윤곽선을 대상으로, 윤곽선 내부로 읊셋한 커브를 형성한다고 할 수 있으며, 이 읊셋거리는 다

음과 같이 구할 수 있다.

$$OD = IT_r + PS_r + TD \quad \dots\dots\dots(2)$$

where, $\begin{cases} IT_r : In-Tolerance \text{ in Rough Cutting} \\ PS_r : PartStock \text{ in Rough Cutting} \\ TD : Tool-Dimension \end{cases}$

여기서, IT_r 및 PS_r 는 표(1)에서 얻을 수 있다. 또한, TD 의 범위로서 최소값은 최소 공구 크기에서 결정된 값으로부터 얻고, 최대값으로는 금형 업체에서 갖고 있는 공구 데이터베이스의 최대 공구 크기로 제한을 준다. 즉, TD 의 값으로서는 최소값보다 큰 공구부터 하나씩 대입하면서 옵션에 의한 커브가 생성되지 않는 값까지 구하고, 생성되지 않은 바로 전 단계의 옵션값을 최대 옵션값으로 설정한다. 그리고 이 값에서 설정한 TD 값을 최대 공구 크기(TD_{large})로 정한다.

2.1.3 가용 공구 크기 범위

앞에서 얘기한 가용 공구 크기에 의하여 가용 공구 크기의 범위는 가용 최소 공구 크기보다 크거나 같고, 가용 최대 공구 크기보다 작거나 같다.

그리고 금형 업체에서 갖고 있는 공구 데이터베이스의 공구 크기 항목의 수를 l 이라고 하며, 이때의 공구 크기 집합은 다음과 같이 표현된다.

$$Set(TD_{DB}) = \{TD_1, TD_2, \dots, TD_l\} \quad \dots\dots\dots(3)$$

where, $TD_i < TD_{i+1}$ for $i=1, 2, \dots, l$

또한, 허용 공구의 수를 m 이라고 표현하면, 허용 공구 크기 집합은 식(4)와 같다.

$$Set(TD_{possible}) = \{TD_j, TD_{j+1}, \dots, TD_m\} \quad \dots\dots\dots(4)$$

where, $TD_{min-size} < TD_j < TD_{max-size}$ for $j=1, 2, \dots, m$

여기서, TD_1 은 가용 최소 공구 크기라고 하고, TD_m 은 가용 최대 공구 크기라고 한다.

2.2 가공 형식별 추천 공구 선정

앞에서 얘기한 허용 공구 항목을 갖고, 다음과 같은 이론적인 배경을 기반으로 하여 각각의 가공 형식에 적합한 정보를 얻음으로써, 공구를 선정할 수 있다.

2.2.1 황삭용 공구 결정

황삭에서 제거해야 할 체적은 전체 피삭재의 약 70%정도로서, 절삭시 소요되는 시간도 많다. 하지만, 완성품의 형상을 명확하게 갖추고 있지 않아도 되는 점이 있기 때문에 최대한 큰 공구 크기를 사용해도 무방하다. 그렇지만, 너무 큰 공구 크기를

사용하면 가공물의 기하학적인 형태에 대한 제한 때문에 피삭재의 제거율이 떨어지므로 그 만큼 중삭 및 정삭에서 많은 가공을 해야 한다. 또한, 절삭 공구를 작게 하면, 잔여 체적은 작아지지만, 소요 시간이 커지기 때문에 체적의 제거율이 떨어진다. 즉, 제거된 체적과 공구 사이즈의 관계에서 황삭용 공구를 결정할 수 있다.

제거된 전체적인 체적은 절삭층의 절삭 깊이와 단면적의 합에 대한 곱으로 표현할 수 있다.

$$V_e \cong h \sum_{i=1}^n A_i \quad \dots\dots\dots(5)$$

여기에서 V_e 는 제거된 전체적인 체적을 나타내며, h 는 절삭층의 절삭 깊이를 표시하며, 보통 공구 지름의 1.5 ~ 3 배가량 되는데, 이 것은 공구의 재료와 밀접한 관계를 가지며, 공구에 비례하는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 Depth of Cut = 1.5 * Tool Diameter 로 정의하였다⁽¹⁴⁾. $\sum A_i$ 은 각각의 분석 평면에 대한 제거 단면적을 얘기하며, A_i 는 i^{th} 번째 절삭층의 단면적을 얘기하며, n 은 전체 절삭층 개수이다.

또한, 제거된 전체 체적은 아래와 같이 계산할 수도 있다.

$$V_e \cong whl_p \quad \dots\dots\dots(6)$$

여기서, w 는 절삭 폭을 나타내며, l_p 는 근접한 윤곽선 길이를 표시한다. 절삭 폭은 일반적으로 공구 사이즈에 제한을 두며, 공구 사이즈와 비례 관계를 형성한다. 식(6)을 정리하고, 절삭 시간 t 로 양변을 나누면 다음과 같다.

$$\frac{l_p}{t} = \frac{V_e}{wh t} \quad \dots\dots\dots(7)$$

그리고, feedrate f_v 는 윤곽선 길이 l_p 를 절삭 시간 t 로 나눈 값이고, 체적 제거율은 제거된 체적을 절삭 시간으로 나눈 것으로서 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f_v = \frac{l_p}{t} \quad \dots\dots(8), \quad \dot{V}_e = \frac{V_e}{t} \quad \dots\dots(9)$$

위의 식(8), (9)를 식(6)에 대입하고 정리하면 다음과 같다.

$$\dot{V}_e = f_v wh \quad \dots\dots\dots(10)$$

식(6) 과 (10)은 제거된 전체 체적과 체적 제거율로서, 허용공구항목으로서 설정된 공구 크기 중에서 두 식의 값을 곱하여 최대가 되는 값을 갖고 있는 공구가 황삭용 공구 크기에 최적인 것이다.

Fig.1 은 황삭용 절삭 공구를 얻기 위한 방법을

보여준다. 이러한 과정은 가공물과 황삭 작업이 끝난 절삭 재료의 체적을 계산하는 것에 있으며, 다음과 같은 절차로서 설명할 수 있다.

- (1) 허용 공구 모듈에서 구한 공구 데이터베이스에서 허용 공구 항목을 얻고, 각각의 공구에 맞는 유효절삭 깊이를 계산한다.
- (2) 유효 절삭 깊이로부터, 각 절삭층의 단면적을 솔리드 모델링의 가공물과 완성품을 통하여 얻는다.
- (3) 각 공구는 식 (6) 과 (10) 에 의하여 V_e 와 V_e 를 얻었다.
- (4) $V_e \times V_e$ 의 최대값을 갖는 절삭 공구를 선택한다.
- (5) 선택된 공구와 관련된 절삭 정보를 보여준다.

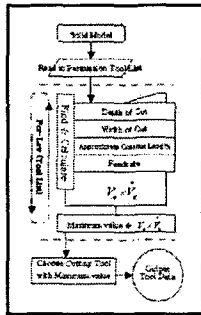


Fig.1 Algorithm of Determining the Tool for the Rough Cut

2.2.2 중삭용 공구 결정

중삭은 가공물과 근접한 형상을 얻는 것만이 아니라 정삭 과정에서 수월하게 하기 위하여 절삭층 사이의 평면에 대한 절삭 함수를 적용시킨다.

먼저, i^{th} 번째 절삭층 사이의 평면을 i^{th} 번째 슬라이스라 명하고, i^{th} 번째 슬라이스의 윤곽선의 길이는 절삭층의 윗면과 아랫면의 윤곽선 길이의 평균값으로 설정할 수 있으며, 다음과 같이 계산된다.

$$\bar{l}_i = \frac{l_i + l_{i+1}}{2} \quad \dots\dots\dots(11)$$

Pappus-Guldinus 이론에서처럼, 면적의 중심을 지나는 곡선을 따라 가면서 면적에 의하여 형성된 체적은 면적과 곡선 길이에 관계가 있다.

$$V_s = \bar{Y} \bar{l}_i = (A_{i+1} - A_i) h \quad \dots\dots\dots(12)$$

여기서, \bar{Y} 는 두 슬라이스의 평균 윤곽선 폭을 나타내고, h 는 두 슬라이스 사이의 높이 차를 얘기한다. 그리고 식(12)으로부터 다음을 얻을 수 있

$$\bar{Y} = \frac{A_{i+1} - A_i}{\bar{l}_i} \quad \dots\dots\dots(13)$$

다.

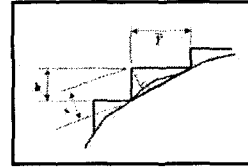


Fig. 2 Approximated triangle proportion

또한, Fig. 2 에서 보여주는 것처럼 triangular proportion 을 이용하여 다음과 같은 식을 유도할 수 있다.

$$\frac{\bar{Y}}{\sqrt{h^2 + Y^2}} = \frac{x}{h} \quad \dots\dots\dots(14)$$

여기서 x 는 절삭층 상단 모서리에서 형상의 표면 즉 윤곽선까지의 거리를 나타내며, 식(15)와 같이 구할 수 있다.

$$x = \frac{\bar{Y}}{\sqrt{h^2 + Y^2}} \cdot h \quad \dots\dots\dots(15)$$

절삭층 상단 모서리에서 윤곽선까지의 근접한 거리를 얻을 수 있으며, 이 거리는 절삭 깊이로서 이용된다. 선택된 공구는 가공물보다 큰 값을 가지고 있지만, 가공물을 더 자르기 위하여 크기를 더 크게 하지 않으며, 선택된 공구는 체적을 제거할 뿐만 아니라, 가공물의 크기와 형상을 다듬는 역할도 한다.

Fig. 3 의 절차는 중삭용 절삭 공구 크기를 결정하는 절차를 설명하는 것이다.

- (1) i^{th} 번째 슬라이스를 얻는다.
- (2) 평균 윤곽선 길이(식 11)를 얻는다.
- (3) 절삭 폭(식 13)을 계산한다.
- (4) 식(14)를 이용하여 normal 거리 x 를 계산한다.
- (5) 각각의 절삭층에 대한 정보를 얻기 위하여 1 단계에서 4 단계까지를 반복한다.
- (6) 전체적으로 절삭이 가능한 x 값을 구하고, x 값보다 크게 절삭 깊이를 갖는 가장 작은 공구를 허용 공구 항목에서 추천한다.

2.2.3 정삭용 공구 결정

정삭이란, 주로 가공물을 제거하여 형상에 대한 정밀성을 부여한다. 기하학적인 형상을 만들기 위하여 가공 표면의 사이즈에 맞는 만곡에 대한 최소 반지름보다 작은 공구 사이즈로 제한한다. 또한 이 공구 크기는 다른 만곡에 대한 간섭도 없어야 하며 가공 오차에 대한 값도 고려해야 한다. 즉, 허용 공구 항목을 구할 때, 가용 최소 공구 크기와 동일하

다. 따라서 허용 공구 항목에서 가장 작은 공구를 정삭용 공구로 선정한다.

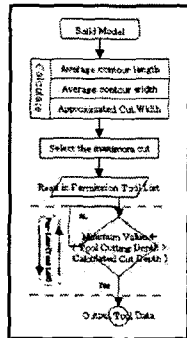


Fig. 3 Algorithm of Determining the Tool for the Semi-Rough Cut

2.3 가공 시간

가공 형식별 추천 공구를 선정된 다음 상용 CAM 시스템을 사용하여 공구별 NC-code 를 생성하고 이에 해당하는 가공 시간(M_{time})을 계산하였다.

$$M_{time} = \sum f(D, f) \dots\dots\dots(16)$$

where, D : Distance
 F : Feedrate

여기서, NC-code 의 한 Block 에 대한 구성 요소는 준비 기능, 좌표치 그리고 이송기능만으로 제한하며, 이 중에서 준비기능 및 이송기능은 지령된 Block 에서 우선 순위로 정하였고, 좌표치는 지령된 Block 과 바로 전 Block 을 우선 순위로 정하여, 해당하는 변수 값을 읽어 들인다. 그리고 우선 순위에서 읽을 수 없는 변수는 기존의 값으로 대신한다. 또한, $\sum f$ 함수는 위치 결정 및 직선 보간과 원호 보간으로 나누어서 가공 시간에 필요한 요소들을 구하였다.

이렇게 하여 계산된 가공 시간은 CAM 작업자에게 보여주며, 최종 공구 선택은 작업자에 의하여 결정된다.

3. 적용 사례

가공 형식별 공구 추천 모듈을 검증하기 위하여 상용 프로그램인 Unigraphics V16.0 - CAM 시스템에 통합하였으며, 개발 프로그래밍 환경에 맞추어서 UGopen⁽¹⁵⁾ 과 Visual C++ 6.0 을 사용하였다.

Fig. 4 는 본 연구에서 개발한 모듈을 이용하여 CAM 시스템에서 구동되는 모듈 구조이다.

1st module : Local PC 상에서 금형 업체가 갖고 있는 공구를 관리하는 시스템으로서, 공구 데이터베이스에 있는 공구 항목 보기, 추가 그리고 삭제가 가능하다.

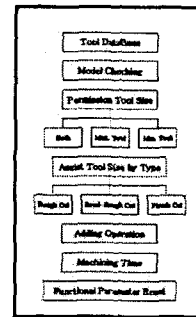


Fig. 4 Flowing Structure

2nd module : 먼저 본 연구에서 적용시킨 솔리드 모델은 균일한 깊이를 가지고, 하나의 아일랜드가 있는 포켓 형상을 하고 있다. 그리고 이 모델에서 제거 형상을 추출한 다음에 가용 공구 크기를 비롯하여, 허용 공구 항목까지 구한다. Fig. 5 는 선택한 제거 형상을 이용하여 절삭 깊이 만큼씩 절삭층으로 나누어서 윤곽선을 추출해 내고, 윤곽선을 여러 개의 커브로 나누어서 그 커브에 대한 Normal Vector 방향으로 선을 생성한 장면이다.

그리고 Fig. 6 은 각각의 절삭층에 대한 최소 공구 크기 및 최대 공구 크기 그리고 가용 공구 크기 범위에 들어가는 허용 공구 항목을 Information 창에 보여준 장면이다.

3rd module : 이 모듈에서는 황삭용, 중삭용 그리고 정삭용 공구 선정으로 나눌 수 있는데, 공통적으로 완성품과 가공물을 설정하고, 앞에서 얻은 정보를 이용하여 황삭에서는 윤곽선 길이 및 $V_e \cdot V_e$, 중삭에서는 평균 윤곽선 길이, 윤곽선 폭 그리고 x 값을 구한다. 그리고 정삭에서는 허용 공구 항목에서 가장 작은 공구를 정삭용 공구로 지정한다. Fig. 7 은 가공 형식별 공구를 선정해 준 모습이다.

4th module : 가공 형식별 추천 공구 항목을 상용 CAM 시스템을 이용하여 NC-code 를 생성한다. 이 때, NC-code 를 생성하기 위한 변수 값은 앞에서 얘기한 공구에 대한 정보, 절삭 깊이는 해당 공구 크기의 1.5 배 그리고 이송 속도는 현장 조사를 통한 수치를 적용하며, 나머지는 상용 CAM 시스템에서 설정한 기본값

을 그대로 적용한다. 그리고 이 NC-code 를 읽어 들인 다음, 식(16)을 통하여 가공 시간을 계산하여 작업자에게 보여줌으로써, 최종 공구 선택은 작업자의 의사에 의하여 결정된다. Fig. 8 은 가공 시간을 계산하는 장면이다.



Fig. 5 Cutting slice and Line for Tool Dimension

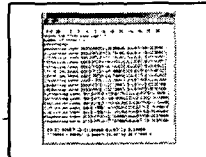


Fig. 6 Result of Permission Tool List

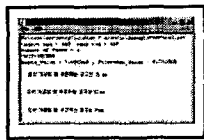


Fig. 7 Deciding Tool Size

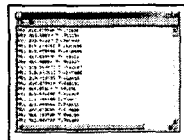


Fig. 8 Mechining Time

4. 결론

금형 CAM 작업에서의 공구 경로를 설정하는 것만큼 중요한 부분인 공구 선택은 전문가의 의사결정이 필요한 부분으로서 형상부에 따른 선택에 있어서 시행 착오가 많다. 이러한 점은 CAM 작업에 있어서 비효율적인 점이라고 할 수 있으며, 업체의 경쟁력을 약화시키는 요인으로 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 시행착오를 줄이는 방법으로 형상부에 대한 허용 공구 항목, 가공 형식별 추천 공구 그리고 해당 공구별 가공 시간을 보여줌으로써, 시행착오를 줄이는 방법을 모색하였다. 특히, 비전문가나 초보자가 결정하기 힘든 공구 사이즈 설정에 도움을 줌으로써 공구 경로를 생성하는 데 가이드 역할을 할 수 있었다. 앞으로 더 진행해야 할 사항은 공구 경로 생성 방법론에 대하여 개발하는 것이다.

후 기

본 연구는 재영솔루텍을 통한 한국 생산 기술 연구원의 첨단생산시스템 과제 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- Altan, T et al, "Advanced techniques for die and old manufacturing", *Annals of the CIRP*, Vol.42, N0.2, pp.707-716, 1993.

- 김 희승, 오 선, "포켓 가공에서 동적 옵션을 이용한 NC 공구경로 생성에 관한 연구", *대한기계학회지 A 권*, 제 23 권, 제 5 회, pp.820-828, 1999.
- 이 성근, 권 성환, 양 승한, "여러 개의 패치로 이루어진 곡면에서 재매개변수화를 통한 공구경로 생성", *한국공작기계학회지*, 제 9 권, 제 5 호, pp.119-126, 2000.
- 신 양수, 서 석환, "신경회로망 방식에 의한 복잡한 포켓형상의 황삭 경로 생성", *한국정밀공학학회지*, 제 12 권, 제 7 호, pp.32-45, 1995.
- 김 태주, 이 건우, 홍 성의, "옥트리를 이용한 황삭 가공경로생성", *대한기계학회지*, 제 18 권, 제 1 권, pp.53-64, 1994.
- 이 철수, "자동차 판넬 금형의 NC 가공을 위한 공구 경로 생성", *한국자동차공학지*, 제 2 권, 제 5 호, pp.74-84, 1994.
- Lee, Y.S., Choi, B.K., and Chang, T.C., "Cut Distribution and Cutter Selection for Sculptured Surface Cavity Machining.", *Int. J. Prod. Res.*, Vol.30, No.6, pp.1447-14470,1992.
- Bala, M., and Chang. T.C., "Automatic Cutter Selection and Optimal Cutter Path Generation for Prismatic Parts.", *Int. J. Prod. Res.*, Vol.30, No.6, pp.2163-2176, 1991.
- 김영진, 권순오, "절삭 공구 자동 선정 프로그램 개발", *한국 CAD/CAM 학회지*, 제 3 권, 제 3 호, pp.177-182, 1998.
- 경 영민, 조 규갑, "3 차원 포켓가공을 위한 절삭층 형성 및 공구선정", *한국정밀공학학회지*, 제 15 권, 제 9 호, pp.101-110, 1998.
- 경 영민, 조 규갑, 전 차수, "포켓형상가공을 위한 최적공구 선정방법", *한국정밀공학학회지*, 제 14 권, 제 7 호, pp.49-58, 1997.
- Alan C. Lin, Ching-Long Wei, "Automated selection of cutting tools based on solid models", *Materials Processing Technology*, pp.317-329, 1997.
- 양학진, 김성근, 허영무, 양진석, "사출금형 CAM 작업 지원용 공구 선정 시스템 개발", *한국정밀공학회 추계학술대회*, pp.175-179, 2001.
- Sumitomo Electric, " '91 Performance Cutting Tools", 1991
- EDS Unigraphics, "Ugopen API Reference".