

가변적층 방법을 이용한 쾌속금형 기술 개발

*유승열

한국기술교육대학교 기계정보공학부

Implementation of an Advanced Design Process for Profiled Edge Laminate (PEL) Tooling

Seungryeol Yoo

School of Mechanical Engineering, Korea University of Technology and Education

Key words : Rapid Tooling, Profiled Edge Laminae Tooling, Layer Slicing, Cutting Trajectories

1. 서론

Profiled Edge Laminae (PEL) tooling 은 Walczyk 와 Hardt 가 개발한 방법으로 얇은 금속판재의 모서리 면을 금형의 형상으로 가공하여 Fig. 1(a)와 같이 수직으로 세워 수평방향으로 적층하여 결합하는 방법이다.^{1,2} 각 금속판재의 모서리부분을 가공하는 방법으로는 선형절단기인 워터젯 커팅(Abrasive Water Jet Cutting), 레이저, 또는 플라즈마 커팅 등의 방법이 있으며, 워터젯 커팅 가공방법은 가공된 경사면의 형상과 표면정도가 다른 두 방법을 이용한 경우보다 우수하며 가공이 가능한 재료의 범위가 넓다.

PEL Tool 형태의 쾌속금속조형은 크기가 큰 형태의 금형(Stretch forming die, aluminum aircraft body panels, thermoforming mold)에 적합하다. 또한, 금형 모델의 형상이 자주 변경이 되는 경우, conformal cooling channel 과 vacuum hole 이 요구되는 경우, 온도센서와 같은 박막의 형태의 센서가 설치가 요구되는 경우에 Fig. 1 (b)와 같이 특정한 금속판 레이어에 경로를 가공하여 요구되는 기능을 구현할 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 PEL Tool 을 제작하기 위한 과정으로 CAD 모델에서 형상에 대한 정보를 추출하는 방법, 각 레이어의 커팅궤적 및 벡터를 결정하는 방법, 각 금속판재의 두께를 결정하는 방법을 소개하고 실제 적용된 예를 들어 설명한다.

2. CAD Model 의 슬라이싱

쾌속조형과 쾌속금형 제작방법에서는 기본적으로 CAD 모델을 Slicing 한 다음 Slicing 된 레이어의 정보에 따라 적합한 재료를 이용하여 각 레이어를 적층하는 방법이 사용된다. PEL Tool 설계 과정에서도 동일하게 CAD 모델을 Slicing 하게 되지만 STL 파일의 형태에서 Slicing 하는 기존의 방법과는 다르게 API(Application of Programming Interface)를 이용하여 형상에 대한 기하학적 정보를 직접 추출한다.

추출된 기하학적 형상들은 설계기준(형상허용오차)에 맞게 폴리라인으로 바꾸어 지게 된다. 스플라인 곡선이 포함된 경우는 각각의 스플라인 곡선을 다수의 Bezier 곡선으로 바꾼 후 형상허용오차를 만족하는 폴리라인으로 바꾸게 된다. 이렇게 CAD 모델에서 추출된 곡선들은 형상허용오차를 만족하는 폴리라인으로 바뀌어지고 가공기에서 사용되는 커터의 경로가 된다.

3. 가공 경로 생성

각 레이어에 대한 교차 곡선들이 폴리라인으로 바뀌게 되면 각 레이어는 두 그룹의 점집합을 가지게 된다. 선형절단기를 사용할 경우 커팅궤적과 커팅벡터를 정의하게

되는데 커터의 궤적은 앞 절에서 구한 폴리라인으로 사용하고 커터의 방향벡터는 점집합에서 정보를 추출하여야 한다. 한 레이어에 존재하는 두 점집합을 서로 연결할 경우에 Fig. 3 와 같이 삼각형(Triangulation)을 형성하게 된다. 두 점들을 연결하기 위해서 Delaunay Triangulation 방법과 본 연구에서 개발된 Complementary Stitching 방법을 혼용하여 사용하였다. 점들이 서로 연결되어 형성한 삼각형들은 형상을 재구성(Shape Reconstruction) 하게 된다. 구성된 두 점집합들이 이루는 연결상태를 table 의 형태로 표현하면 SPM(Stitch Pattern Matrix)과 같이 표시된다.³ 선형절단기의 가공특징을 고려한다면 SPM Table 에서 커터의 벡터로 사용된 후보 벡터들을 선택할 수 있다. 이 후보 중에서 원래의 CAD model 과 커팅벡터가 이루는 형상오차가 최소인 커팅 벡터를 구할 때 최적의 커팅벡터가 구해진다.

4. 적층 두께의 선택

쾌속조형이나 쾌속금형에서 금속 분말을 사용하는 경우 적층의 두께는 시스템이 허용하는 범위에서 가변적으로 선택을 할 수 있다. 금속판재를 사용하는 경우는 시중에 판

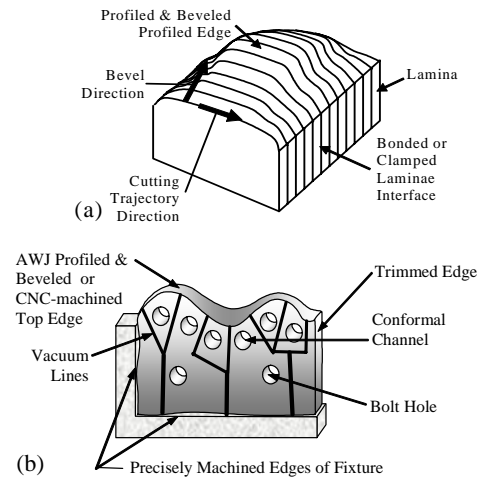


Fig. 1 Schematics of (a) an unclamped PEL tool and (b) an individual lamina shown fixtured in a frame.

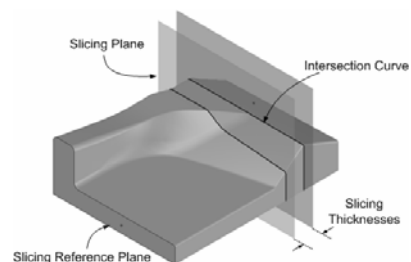


Fig. 2 Slicing plane through a CAD model and generated intersection curve.

매가 되고 있는 금속판재를 사용하므로 적층 두께의 선택에 있어서 제한적이다. 시중에서 구할 수 있는 금속판재의 두께는 필름형태의 박판두께에서 수 cm의 두께까지 구할 수 있으나 가공성을 고려한다면 수 mm에서 수십 mm의 금속판을 쓰는 것이 적절하다. 금형의 크기가 큰 경우 두께 선택에 대한 제한점이 적어지게 된다. 적층 두께를 구하는 방법은 원래의 CAD 모델의 표면과 커팅궤적과 커팅벡터가 이루는 경사면(ruled surface)을 격자모양의 측정점에서 높이 차를 구하고 이 형상오차를 최소화하는 판재의 두께를 구하는 것이다.

5. 워터젯 커팅을 이용한 레이어 가공 및 적용

쾌속금형 제작과정의 마지막 단계로서 설계된 레이어의 형상을 선형가공기를 이용하여 가공하게 된다. 계산된 커팅궤적과 커팅벡터를 Initial Graphics Exchange Specification (IGES) format으로 바꾸고 상용 CAM 프로그램인 SURFCAM[®]을 사용하여 NC Code를 발생시킨다. 선형 가공기로서는 5축의 연마제 워터젯 커팅 시스템(PAR[®] 5-axis AWJ cutting system)이 사용되었다. Fig. 6에서 보는 것과 같이 초기 가공방향은 수평으로 설정하였고 커팅벡터에 따라 노즐의 방향이 바뀌게 된다. 가공된 레이어는 볼트로 조립되었다.

PEL Tool 설계 방법을 열 성형 금형에 적용을 하였다. 열 성형가공을 사용하는 산업체의 전문가의 도움으로 제안된 Conformal 냉각 채널의 형태는 Fig. 7과 같고 Tool의 형상을 고려하여 세 부분으로 구성되도록 하였다. 최종적으로 제작된 Conformal 냉각 채널을 가지고 있는 PEL Tool의 쾌속금형(460x380x80mm)을 Fig. 8에 나타내었다.

6. 결론

본 논문에서 금속판재를 이용한 쾌속 금형, Profiled Edge Laminae(PEL) Tool의 설계 기술을 제시하였다. 대부분의 적층식 쾌속 조형기술에서 사용된 STL 파일 형태를 슬라이싱하는 방법을 벗어나 직접적으로 CAD 모델에서 슬라이싱하고 슬라이싱된 곡선의 정보를 추출하고 폴리라인을 구성하는 방법을 제시하였고, 형상재구성과 Stitch Pattern Matrix를 통하여 최적의 커팅궤적과 커팅벡터를 산출하는 방법을 제시하였다. 제안된 설계기술을 실제로 열 성형공정에서 사용되는 금형에 적용을 하여 쾌속 금형을 완성하였다. PEL Tool의 장점인 Conformal 냉각 채널을 동시에 구현함으로써 PEL Tool 기법의 활용 가능성을 보여주었다.

참고문헌

1. Walczyk, D.F. and Hardt, D.E., "A New Rapid Tooling Method for Sheet Metal Forming Dies," Proceedings of the 5th International Conference on Rapid Prototyping, Dayton, OH, pp. 275-289, June 12-15 1994.
2. Walczyk, D.F. and Hardt, D.E., "Rapid Tooling for Sheet Metal Forming Using Profiled Edge Laminations - Design Principles and Demonstration," ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 120, No. 4, pp. 746-754, 1998.
3. Yoo, S. and Walczyk, D.F., "An Advanced Cutting Trajectory Algorithm for Laminated Tooling," Rapid Prototyping Journal, Vol. 11, No. 4, pp.199-213, 2005.

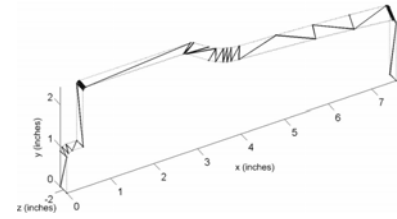


Fig. 3 Stitching lines between front and back profile polylines

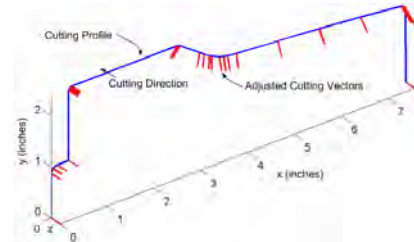


Fig. 4 Selected cutting vectors

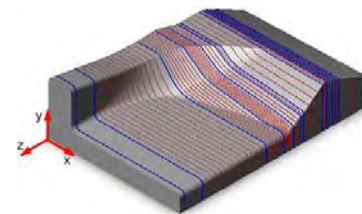


Fig. 5 Resulting PEL slicing.



Fig. 6 Resulting PEL slicing.

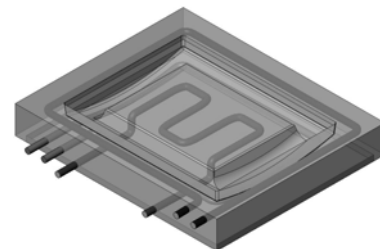


Fig. 7 Conceptual PEL tool Model with three conformal channel



Fig. 8 PEL thermoforming mold with three conformal channels.