[논문] 한국소성가공학회지, 제 16 권 제 3 호, 2007
Transactions of Materials Processing, Vol.16, No.3, 2007

AutoCAD 를 이용한 자동차용 헤밍 유닛의 자동작도 프로그램 개발

김동직[1] · 송윤준[2] · 정훈[2] · 김영빈[3] · 한영호[#]

Development of Automatic Drawing Program for Hemming Unit by AutoCAD

D. J. Kim, Y. J. Song, H. Chung, Y. B. Kim, Y. H. Hahn

(Received December 27, 2006)

Abstract

Due to the complicated character of the hemming process for automobile panels, it is very difficult to setup a consistent and reliable die design guide rule that require subtle decision of experienced experts and multiple trials during hemming die design and making. In this paper an automatic die design system of hemming units is pursued by presenting some algorithms, in which geometric data and constraints of the hemming units were converted to formula. The geometries and kinematics of all part for two kinds of hemming units, 2-link type and 4-link type were analysed kinematically to build the design algorithm. The algorithms were verified by automatic drawing used AutoCAD VBA program in example for the hemming unit design of a bonnet .

Key Words : Hemming, 2-link Hemming Unit, 4-link Hemming Unit, Main Hemming, Pre-hemming, Drive Cam

1. 서 론

헤밍(hemming)이란 판재로 성형된 제품의 가장자리를 접는 작업으로 자동차 차체의 외판(outer panel)과 내판(inner panel)의 결합에 사용되는 공정이다. 일반적으로 자동차의 차체를 구성하는 박판 성형부품 사이의 결합에는 점용접이나 선용접을 주로 사용한다. 그러나 보닛(bonnet), 도어(door), 트렁크 리드(trunk lid) 패널에서는 제품의 특성상 내외판을 용접하게 되면 자동차 외관에 용접 자국이 남아 외관에 치명적인 품질 저하를 초래하기 때문에 외판의 끝 단을 접어 내판을 감싸는 형태의 헤밍 작업이 행해진다. 내외판 결합에 사용되는 헤밍은 차체 패널의 강도, 강성을 보강하는 역할과 승객의 안전을 위한 모서리 처리도 겸하게 된다. 이런 헤밍 금형은 일반 드로잉이나 플랜징 성형을 위한 금형과달리 공구 회전 등의 복잡한 운동을 위한 링크 설계를 요구한다. 때문에 다른 종류의 금형 설계보다도 경험이 풍부한 설계자가 작업을 수행하게 된다.

헤밍 작업은 크게 세 공정을 거쳐 이루어진다. 구부려 접을 판의 가장자리를 만드는 플랜징(flanging)작업이 먼저 행해진다. 이 공정은 전 단계인 드로잉(drawing)공정에서 처리되기도 한다. 이후 Fig.1에서 보는 바와 같이 반쯤 접는 예비헤밍(pre-hemming)을 거쳐 최종적인 각도까지 접는 본헤밍(main hemming)으로 전체 공정이 완성된다. 이때 플랜징 공정을 제외한 예비헤밍과 본헤밍은

1. 한국폴리텍1 성남대학 컴퓨터응용기계과
2. 건국대학교 기계설계학과 대학원
3. 건국대학교 기계항공공학부 학부
교신저자: 건국대학교 기계항공공학부,
E-mail:yhhahn@konkuk.ac.kr

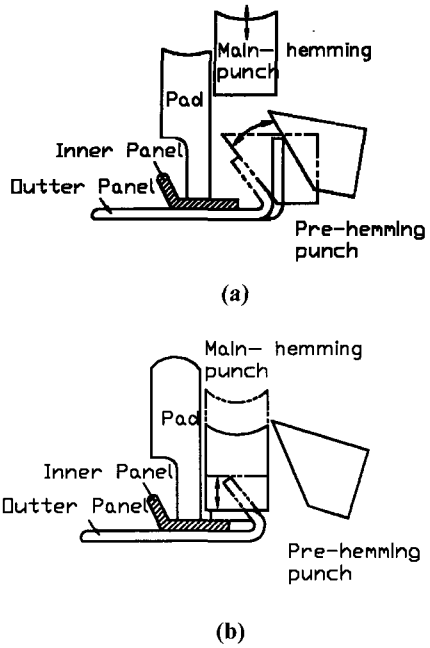


Fig. 1 Hemming operation: (a) pre-hemming , (b) main hemming

제작시간 단축을 위해 한 개의 헤밍금형 안에서 한 번의 행정으로 순서대로 이루어진다. 즉 예비헤밍 펀치가 패널쪽으로 진입하여 예비헤밍을 완료한 후 후퇴하면서 동시에 본헤밍 펀치가 하강하여 헤밍 공정이 완료된다.

이 모든 공정은 주어진 조건에 맞춘 순차적인 움직임으로 공구간 간섭이 생기지 않도록 하면서 최소한의 시간에 작업이 이루어질 수 있도록 설계되어야 한다.

헤밍공정 설계는 일반적으로 사용되는 2절 유닛과 4절 유닛의 기구학적 움직임에 따라서 예비헤밍 펀치, 본헤밍 펀치, 드라이브 캠의 위치가 결정된다.

이전의 설계방식은 예비헤밍 완료시점의 공구위치를 시작으로 공구들의 필요한 움직임과 간섭을 고려하며 각 헤밍 단계를 2차원의 CAD 프로그램을 이용하여 수작업에 의해 작도하는 방식이다. 그러나 이 방법은 움직임의 인과에 따른 순차적인 작도를 필요로 하고 그 결과가 기하학적인 형상으로만 데이터화되는 단점이 있다. 이는 헤밍 금형설계 자동화에 필요한 데이터의 지속적인 관리나 데이터베이스의 구축 차원에서 바람직하지 않은 설계 방법이다.

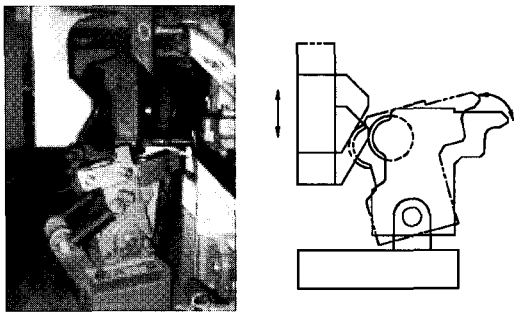
헤밍과 관련된 이전의 관련 연구는 주로 제품 품질위주의 연구가 진행되었다. 한규희 등이 평면 내외곡률과 플랜지 길이가 헤밍품질에 미치는 영향을 실험적으로 연구하였다[1]. 최원목 등은 강판과 알루미늄판을 가지고 헤밍공정 변수가 품질에 미치는 영향을 실험과 동시에 해석과 비교 연구하였다[2]. 또 안덕찬 등은 2차원 모델에 플랜지길이, 재질등과 3차원 모델에 평면 내곡률과 플랜지 길이가 롤인에 미치는 영향을 연구하였다[3]. 그리고 김헌영 등은 플랜지 헤밍공정에서 최적의 유한요소해석을 위한 모델링 방안, 요소재구성 및 맵핑(mapping)방법, 부분모델 합성법에 관한 연구를 수행한 바 있다[4].

헤밍금형의 설계 및 제작에 관한 현장성 있는 연구로는 설계 순서를 정의, 가공방향 및 링크에 대한 단편적 설계 지침, 각 공정별 설계 고려 사항 등의 정리로 설계의 작업 효율을 높이는 측면에서 이루어진 바 있다[5~6].

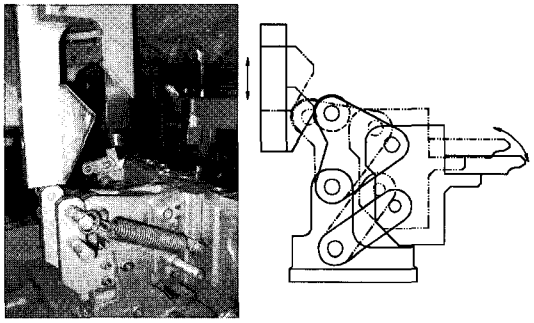
이 연구는 헤밍유닛 설계 시 시행착오 방법에 의한 수작업 설계방식을 탈피해 헤밍 유닛의 형상과 각각의 요소들의 상대적 움직임을 기하학적으로 해석하여 헤밍 유닛의 기본적인 치수와 설계조건만으로도 비숙련자가 헤밍 금형의 순차적 작동에 관한 설계와 타이밍 차트를 자동 생성할수 있게하는 수학적 알고리즘 개발을 목적으로 한다. 이를 위해 헤밍 공정의 순차적 작동에 유연성을 부여할 수 있는 자동설계가 되도록 헤밍 유닛에서 많이 사용하고 있는 표준링크인 2절 유닛, 4절 유닛 각각에 대한 알고리즘을 구축하였다. 헤밍유닛의 순차적인 움직임은 현장 설계에서 널리 사용하고 있는 AutoCAD에서 자동작도 되도록 AutoCAD VBA를 이용한 프로그램을 개발하여 설계의 편의성과 차후 자동화 설계의 기초를 확립하고자 한다.

2. 헤밍용 링크 유닛

Fig. 2는 2절과 4절 타입의 헤밍 유닛을 보여준다. 2절 유닛이 발생시키는 각운동 형태의 플랜지 굽힘 방식은 예비헤밍 때 구부리는 패널 프로파일 라인의 곡률 변화가 심하지 않을 때 사용된다. 제품 프로파일의 굴곡이 심할 때 2절 유닛을 사용하게 되면 예비헤밍 펀치가 플랜지에 닿아 굽히는 시점이 곡선 위치에 따라 달리 발생하여 순차적인 접힘이 발생하는 문제가 있다. 반면 병진운동을 발생시키는 4절 유닛은 순차적인 접힘 발생이 없



(a)



(b)

Fig. 2 Hemming units: (a) 2-link type, (b) 4-link type

도록 프로파일 라인의 곡률이 직선으로 간주될 때 선택되어진다.

헤밍 공정 설계에서 유닛의 종류가 결정되면 유닛의 작동 시점이 결정되어야 한다. 유닛별 시차 조절은 링크의 길이와 상대적 위치로 결정되고 더 세밀한 조정을 위해 수직왕복운동을 하는 드라이브에 부착된 사다리꼴 형상의 캠(cam)을 조절하게 된다. 상형이 하강할 때 사다리꼴의 경사면들은 예비헤밍 펀치의 진입과 후퇴 속도를 결정하며 평행한 좁은 면은 최대 진입각에서 예비헤밍 완료후 외판을 누르고 있는 시간을 조절하는 역할을 한다.

Fig. 3은 2절 유닛에서 캠에 의한 펀치의 움직임을 보여준다. 타이밍선도 설계 기준이 되는 펀치의 움직임과 캠의 형상은 먼저 시점 F에서 캠과 롤러가 접촉을 한 후 시점 E에서 패널 끝단과 접촉하기 시작하면서 예비헤밍으로 연결된다. 예비헤밍 펀치가 최대로 진입하는 시점 D를 거쳐, 원위치로 복귀되는 도중 C에서 하강하는 본헤밍 펀치와 간섭을 확인한다. 이 시점은 공구간 물리적 충돌을 방지하기 위해 매우 중요하다. 예비헤밍 펀치가 완전히 물러선 시점 B에는 본헤밍 펀치가 지속적으로 하강하고 있는 상태이고, 시점 A에 이르면 본헤밍이 완료된다.

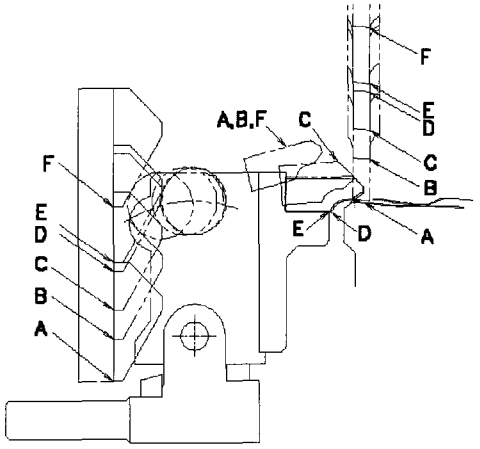


Fig. 3 Hemming unit operation :

(F) Drive cam and roller contact

(E) Pre-hemming and flange contact

(D) Pre-hemming finish, (C) Interference check

(B) Pre-hemming punch return finish

(A) Main hemming finish

3. 헤밍유닛의 위치결정 및 접촉알고리즘

헤밍 유닛은 헤밍 금형에서 3 차원으로 존재하지만 그 움직임은 링크 단면의 2 차원의 움직임으로 설계된다. 이 연구의 위치결정 알고리즘은 2 차원 단면상에서 패널 플랜지 끝단에 접촉한 예비헤밍 펀치의 위치를 기준으로 구축된다. 헤밍될 패널의 끝단의 2 차원 좌표를 입력받아 예비헤밍 펀치를 정의하고 유닛의 형상 및 동작, 드라이브 캠과 본헤밍 펀치의 동작을 정의한다. 헤밍유닛을 구성하는 각부의 형상과 동작에 대한 정의가 끝나면 각 부품의 접촉을 고려하여 하나의 유기적인 동작이 되도록 접촉부의 연결이 필요하다. 이 작업은 작도와 수치적인 설계 모두에서 필요하다. 이 연결된 수식을 통해 유닛의 동작상에 특정시점을 자동으로 계산하고 작도에 반영되어 특정위치의 입력만으로 특정시점의 작도가 가능해진다. 최종적으로 구해지는 특정시점의 위치는 유닛의 구동각도로 표현된다. 형상에 대한 치수는 현장 설계 지침에 따라 선정하였다.

3.1 패널 정의

Fig. 4에 패널의 초기 안착 상태와 각도 β로 예비헤밍된 형상을 정의하였다. P_2가 예비헤밍 펀치와 초기 접촉하는 패널 끝 단이다. P_3는 굽혀진 패널의 끝점을 나타낸다. P_1은 굽힘완료선의 연장선과 수평선의 가상 교점이다. 이 점은 패널의 두께를 고려한 굽힘과 본헤밍 펀치의 위치 제어를 위해 설정되었다.

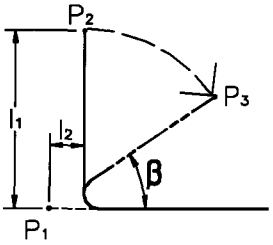


Fig. 4 Definition of panel

3.2 예비헤밍 펀치면 크기 및 위치정의

Fig. 5에서 예비헤밍이 완료된 P_3로부터 플랜지 길이와 여유분 e_1, e_2를 고려하여 펀치면의 P_4, P_5를 찾아 펀치면을 정의하였다. 펀치를 구성하는 나머지 절점들은 이 점으로부터 상대적인 거리로 정의된다.

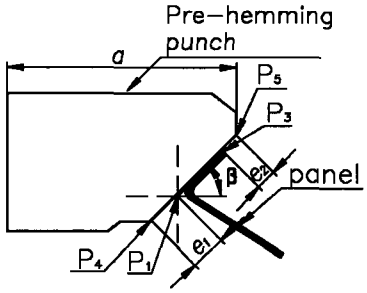


Fig. 5 Definition of pre-hemming punch

3.3 헤밍 링크의 동작정의

(1) 2절 유닛

펀치면의 크기가 정의되고 각 절점간 거리가 정의되면 2절 유닛은 Fig. 6처럼 펀치선단으로부터 롤러의 중심점 U_2와 회전 중심점 U_1이 결정된다. 롤러 및 펀치면의 점 P_4, P_5는 각각 U_1을 중심으로 원주상 운동을 하게 된다. 그러나 펀치면은 회전과 함께 기울기가 변하는 병진과 회전운동의 조합이 된다. 이 운동을 표현하기 위해 다음과 같은 방법을 사용하였다.

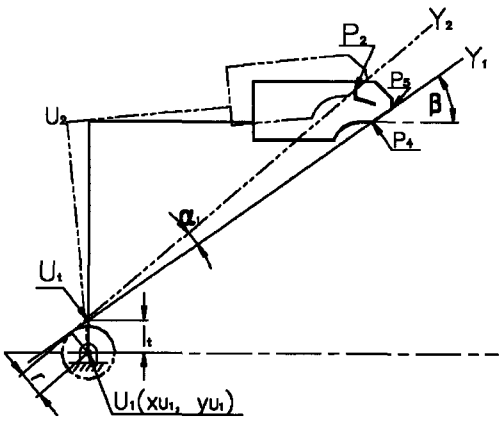


Fig. 6 Definition of 2-link unit

Fig. 6에서와 같이 펀치면의 점 P_4, P_5를 통과하는 직선과 링크의 회전 중심점 U_1에서 직선까지의 최단거리를 반지름으로 하는 가상의 원을 찾는다. 그러면 회전하는 펀치면은 항상 이 원과 접선이 유지된다. 펀치면이 회전하여 특정점 P_2와 접촉하는 위치를 구하기 위한 회전각도 α_1은 특정점 P_2를 지나는 직선식과 U_1을 중심으로 하는 원과의 접선 관계를 이용하여 계산할 수 있다. 식(1)은 이 관계를 이용하여 나타난 수식을 α에 관해 정리한 식이다.

X_p, Y_p는 특정점의 좌표, x_{ul}, y_{ul}은 회전 중심의 좌표, r은 가상원의 반지름, β는 펀치면의 기울기를 나타낸다. 여기서 특정점 P의 좌표는 회전의 중심점을 원점으로 하는 지역좌표(local coordinate)로 표현되었다. 이는 헤밍 유닛의 위치를 금형 전체 좌표계에서 관리할 수 있도록 해준다.

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left\{\frac{AB \pm \sqrt{(AB)^2 - (A^2 - r^2)(B^2 - r^2)}}{(A^2 - r^2)}\right\} - \beta \qquad (1)$$

$$A = X_p - x_{U_1}, \qquad B = Y_p - y_{U_1}$$

(2) 4절 유닛

4절 유닛은 Fig. 7과 같이 펀치면의 크기가 정해진 이후 형상이 정의된다.

4절 유닛의 캠에 의한 직접적인 구동은 링크에 연결된 강체인 U_1, U_2, U_3의 삼각형에서 회전중심점 U_1을 기준으로 원운동을 하게 된다. 이 강체 삼각형과 연결된 펀치면 P_4, P_5점은 회전 중심점 U_1으로부터 수평방향으로 펀치면상의 점 P_4까지

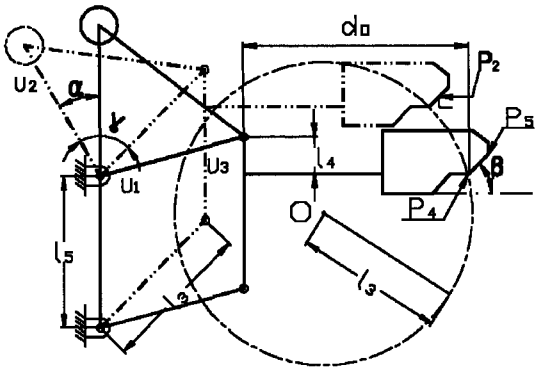


Fig. 7 Definition of 4-link unit

거리 d_0와 수직방향으로 U_3의 절점에서 펀치면상의 점 P_4까지의 수직 거리인 l_4 만큼 이동된 점 O를 중심으로 펀치면의 기울기를 유지하면서 원호운동을 하게 된다. 본 연구에서 점 P_4는 링크의 팔과 일직선에 있는 것으로 정의하였다.

4절 유닛은 2절과 달리 펀치면의 기울기가 변하지 않는다. 펀치면 직선이 원주상에서 움직임을 가지고 특정점 P_2와 접촉하는 위치로 이동시 회전각도 α을 구하기 위한 식은 기울기가 일정한 직선이 특정점 P_2를 지나는 관계식을 이용하여 구할 수 있다. 식 (2)는 이 관계를 이용해 얻은 구동각도 α를 나타낸다. l_3는 링크의 길이, x_o, y_o는 펀치면의 회전 중심, β는 펀치면 기울기를 나타낸다. X_p, Y_p는 특정점의 좌표이며 α를 제외한 모든 변수는 링크와 펀치 형상의 정의로부터 결정되어 있는 값이다.

$$
\begin{aligned}
A &= l_3^2(\tan^2\beta+1)\\
B &= 2l_3\{(x_{u1}+d_O-x_P)+d_O\tan^2\beta\\
&\quad +\tan^2\beta(Y_P-\tan\beta\,X_P-y_O)\}\\
C &= (Y_P-\tan\beta\,X_P-y_O)^2\\
&\quad +(x_{u1}+d_O-x_O)^2+{d_O}^2\tan^2\beta\\
&\quad +2d_O\tan^2\beta(Y_P-\tan\beta\,X_P-y_O)-l_3^2
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

$$
\alpha=\gamma-\sin^{-1}\left(\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4AC}}{2A}\right)
$$

3.4 드라이브캠 및 본헤밍 펀치동작 정의

Fig. 8에서 드라이브 캠의 끝 단 D_1과 본헤밍 펀치 끝단 M_1이 일정거리를 유지하며 수직으로 하강 운동하는 모습을 나타내었다. 드라이브 캠은 유닛의 롤러와 접촉해서 유닛에 회전 운동을 주는 역할을 한다. 그러나 본 연구에서는 예비헤밍 펀치의 특정 시점 움직임을 먼저 계산하고 이에 따른 드라이브 캠의 상대적 위치를 구하는 방식을 사용하였다.

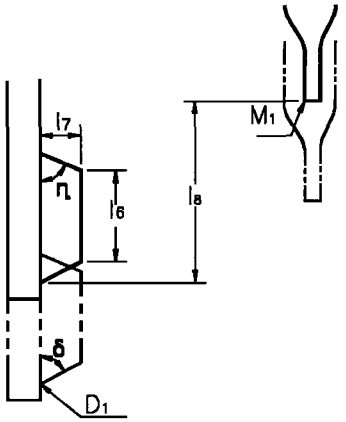


Fig. 8 Definition of drive cam and main hemming punch

4. 운동부간의 접촉 알고리즘

헤밍 유닛을 구성하는 각 부의 형상 및 움직임에 대한 정의가 끝나면 각 부분의 접촉을 고려하여 하나의 유기적인 움직임이 되도록 연결이 필요하다. 본 연구에서는 유닛 롤러의 움직임을 먼저 구한 다음, 롤러와 캠의 상대적 위치를 찾는 순서로 유닛의 각 부품의 연결 알고리즘을 구축하였다. 운동부간의 접촉관계는 유닛의 모든 부품이 패널의 플랜지 끝 단만 정의되면 특정 시점에 맞는 수치를 계산하여 자동으로 작도되기 위해 필요한 작업이다. 접촉 관계를 통해 얻어질 식은 링크의 구동각도 α로 정리된다.

4.1 예비헤밍 펀치와 패널의 초기 접촉

예비헤밍 펀치와 패널의 초기접촉은 드라이브 캠에 의해 예비헤밍 펀치가 구동을 시작하여 패널의 끝 단이 펀치면과 첫 접촉을 하는 시점을 말한다. 즉 초기접촉에서 특정점은 패널의 끝단 P_2의 좌표를 의미한다. 그래서 패널 초기접촉은 2절과 4절 유닛이 임의점에 위치할 때 회전각을 구한 식 (1)과 식(2)에서 특정점 P값, 즉 패널 플랜지의 끝단 좌표 P_2의 입력으로 간단히 구할 수 있다.

4.2 예비헤밍 펀치와 본헤밍 펀치의 간섭

2절 유닛과 4절 유닛 모두에서 예비헤밍 펀치가 패널 굽힘을 완료 후 복귀하는 과정에서 프레스 램의 움직임과 함께 지속적으로 하강하는 본헤밍 펀치와 간섭을 피하기 위해 필요한 시점이다. 현장에서의 일반적인 설계기준은 예비헤밍 펀치면의 끝 단이 하강하는 본헤밍 펀치의 끝 단과 동일한 수직선상에 있을 때 두 공구간의 수직거리가 10mm이상으로 설정되어있다.

Fig. 9에 2절 유닛에서 간섭확인을 위한 시점을 2절, 4절 링크를 대표하여 표현하였다. 펀치면의 끝 단 P_5가 회전 운동을 하며 복귀할 때 본헤밍 펀치 끝 단 M_1과 일직선상에 위치할 때의 링크 회전각 α_2는 본헤밍 펀치 끝 단 M_1의 수평좌표를 통해 간단히 구해 질 수 있다. 이 좌표를 2절과 4절 링크 유닛이 임의점에 위치할 때 회전각을 구한 식(1)과 식(2)에서 특정점 P_2값으로 사용하면 회전각을 구할 수 있다.

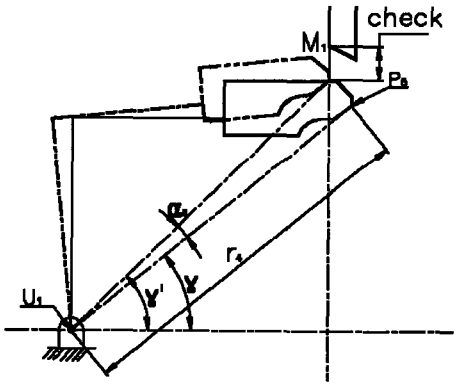


Fig. 9 Interference check

4.3 링크유닛 롤러와 드라이브 캠의 접촉

드라이브 캠이 하강하면 링크의 롤러가 밀리면서 유닛이 회전 운동하는 방식으로 둘 간의 접촉이 이루어진다. Fig. 10에서 나타낸 바와 같이 드라이브 캠과 링크 롤러 접촉의 네 가지 경우에 대해 수학적 모델이 작성되었다. Fig. 10(a)는 롤러가 캠의 하단경사면에 접촉, Fig. 10(b)는 예비헤밍이 완료 시점을 나타내며 이 상태를 기준으로 다른 시점이 정의되도록 하였다. Fig. 10(c)는 롤러가 캠의 상단경사면에 접촉 했을 때, Fig. 10(d)는 본헤밍이 완료 됐을 때를 나타낸다.

각각의 경우에 롤러 위치에 대한 캠의 행정 거리를 구하여 서로간의 상대 위치를 파악하였다.

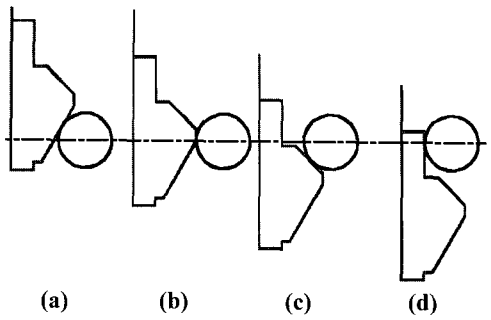
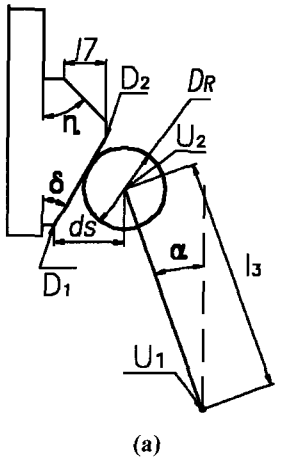


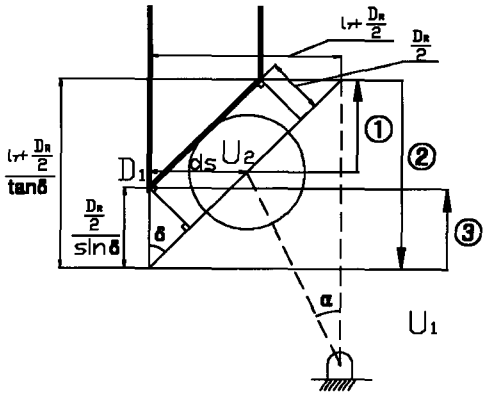
Fig.10 Contacts of unit roller and drive cam

(1) 캠의 하단에 유닛 롤러 접촉

예비헤밍 펀치가 패널에 초기 접촉할 때의 캠위치를 찾기 위해 Fig. 10(a)에 나타낸 시점을 의미한다. 이 시점에서의 캠의 끝 단 위치 D_1은 유닛 롤러의 상대적 위치로부터 계산될 수 있다.



(a)



(b)

Fig.11 First contact between roller and drive cam

캠의 하단점 D_1과 롤러 중심 U_2사이의 수평거리 d_s는 Fig. 11(a)에서 표현한 바와 같이 캠의 두께 l_7과 롤러의 반지름 D_R, 링크의 길이 l_3, 유닛의 회전각도 α에 따른 수평변위를 고려하여 식 (3)으로 표현 할 수 있다.

$$d_s = l_7 + \frac{D_R}{2} - l_3 \sin\alpha \tag{3}$$

식 (3)에 특정시점의 α각을 대입하여 구한 수평거리 d_s를 이용하여 캠의 절점위치를 구하였다. Fig. 11(b)에 절점위치를 구하는 기하적 방법을 나타내었다. 캠의 경사면과 롤러의 이동 궤적이 이루는 닮은꼴 삼각형을 이용하여 롤러의 중심 U_2의 수직위치(y_{U2})부터 그림에서 제시한 ①~④순서의 길이 계산을 통해 롤러 중심에서 캠 끝 단 D_1의 위치를 유도하면 식 (4)의 드라이브 캠 작도에 기준이 되는 D_1의 좌표를 구할 수 있다. D_R은 롤러의 반경, δ는 캠의 하단각이다.

$$\begin{aligned} x_{D_1} &= x_{U_2} - d_s \\ y_{D_1} &= y_{U_2} - \left(\frac{d_s}{\tan\delta} - \frac{D_R}{2\sin\delta}\right) \end{aligned} \tag{4}$$

드라이브 캠은 수직하강 운동만하므로 D_1의 수평 위치, 즉 x_{D1}좌표는 변하지 않는다. 그래서 앞으로 구해질 드라이브 캠의 특정시점 계산은 캠의 수직 위치를 나타내는 y_{D1}만을 나타내었다.

(2) 캠의 직선부에 유닛 롤러 접촉

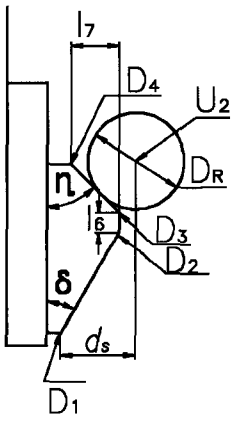
캠의 직선부 접촉은 드라이브 캠에 의해 예비헤밍 펀치가 최대로 진입하여 예비헤밍이 완료된 시점을 의미한다. 완료시점은 수평거리 d_s에서 회전각 α가 0°이다. 따라서 식 (4)에서 제시한 드라이브 캠의 D_1의 수직 위치(y_{D1})를 이용하면 식 (5)와 같이 정리 될 수 있다.

$$y_{D_1} = y_{U_2} - \left(\frac{d_s - \frac{D_R}{2}}{\tan\delta}\right) \tag{5}$$

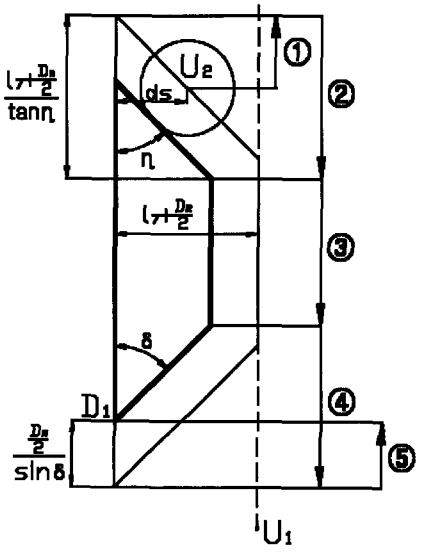
(3) 캠의 상단에 유닛 롤러 접촉

드라이브 캠 상단에 롤러가 접촉되는 경우는 예비헤밍 펀치가 굽힘을 완료하고 원위치로 복귀되는 시점을 의미하며 그 과정에서 본헤밍 펀치와 간섭을 확인하기 위해 사용된다. Fig.12(a)에서처럼 유닛 롤러가 캠의 상단에 접촉 했을 때의 드라이브 캠 D_1 위치(y_{D1})는 Fig. 12(b)에 나타낸 닮은 사다리꼴에서 롤러 중심으로부터 길이 계산을 거쳐 식 (6)으로 구해진다. η는 캠의 상단각이다.

$$\begin{aligned} y_{D_1} = y_{U_2} &+ \left(\frac{d_s}{\tan\eta} - \frac{D_R}{2\sin\eta}\right) \\ &- \left(\frac{l_7}{\tan\eta} + l_6 + \frac{l_7}{\tan\delta}\right) \end{aligned} \tag{6}$$



(a)



(b)

Fig.12 Roller & drive cam positions at interference check point

(4) 유닛롤러가 캠을 완전히 벗어난 경우

유닛 롤러가 드라이브 캠을 완전히 벗어난 경우는 예비헤밍이 완료되고 본헤밍 시작과 완료 시점을 나타낸다. 따라서 드라이브 캠과 유닛 롤러의 관계가 아닌 본헤밍 펀치와 드라이브 캠의 상대적 위치가 된다. Fig. 13에서 나타낸 바와 같이 패널의 소재 두께의 3배 위치에서 본헤밍이 완료된다고 설정하였다. 드라이브 캠의 기준 D_1의 수직 위치(y_{D1})는 본헤밍 펀치 끝 단 M_1으로부터의 거리 l_8과 패널의 가상점 P_1을 이용하여 식 (7)과 같이 구해진다.

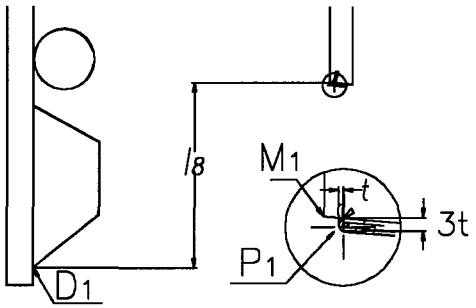


Fig.13 Roller & drive cam positions when main hemming finished

$$y_{D_1} = y_{P_1} + 3\ \ t - l_8 \tag{7}$$

5. 작도를 통한 알고리즘의 검증

이상의 알고리즘를 바탕으로 AutoCAD상에서 헤밍유닛의 순차적인 공정을 자동작도하는 프로그램을 AutoCAD VBA를 이용하여 개발하였다. 임의의 표준 치수를 갖는 2절과 4절 링크를 작도하여 제시한 알고리즘을 검증해 보았다.

Fig. 14는 AutoCAD VBA를 이용하여 몇 개의 변수 입력으로 헤밍유닛이 자동작도되도록 개발한 창이다. 입력창은 왼쪽의 패널의 끝 단 위치와 플랜지 높이 입력창과 유닛의 순차적인 움직임에 영향을 미치는 몇 개의 유닛 형상 변수 입력과 각 단계의 작도버튼이 있는 오른쪽 창으로 구성되었다.

변수를 입력하고 작도버튼을 누르는것만으로 Fig. 15에서 보이는 바와 같이 2절과 4절 유닛의 예비헤밍 완료 시점, 패널첫 접촉 시점, 간섭 확인 시점, 본헤밍 완료 시점의 특정 시점을 자동작도가 가능함을 볼 수 있다. Fig. 15에 나타낸 그림은 모든 시점을 동시에 작도한 것이다.

헤밍 유닛의 자동 작도는 설계 기준으로 정한 사항들이 알고리즘에 정확하게 반영되어 있어서 입력 수치에 변경만으로 다양한 형태의 링크 유닛들의 움직임을 표현할 수 있다. 또한 입력창에서 변수를 쉽게 변경할 수 있도록 하여 프로그램적용의 유연성을 확보하였다.

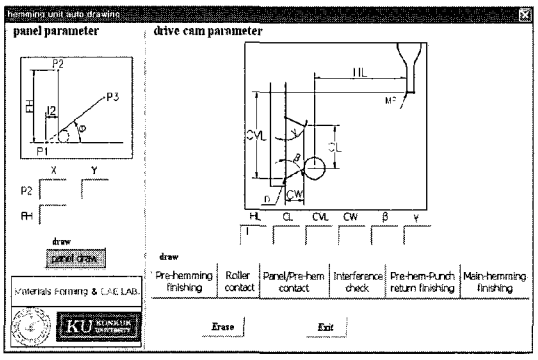
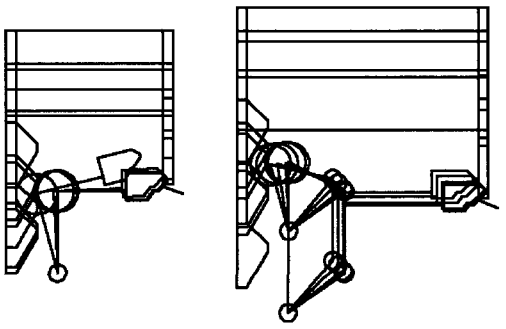


Fig.14 Hemming unit parameter input window



(a) **(b)**

Fig.15 Automatic drawing: (a) 2-link, (b) 4-link

6. 결 론

헤밍금형 설계자동화에 필요한 헤밍유닛의 기구학적 운동에 대한 수학적 알고리즘을 구축하였다. 알고리즘은 유닛 링크와 드라이브 캠의 움직임을 링크의 구동 각도를 기준으로 표현하여 헤밍 공정의 특정 시점에서 필요한 움직임을 자동으로 계산해 줄 수 있다. 또한 작성된 알고리즘을 바탕으로 AutoCAD VBA 를 사용한 자동작도 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 간단한 입력창과 작도 버튼으로 구성되어 설계자의 직관적인 판단을 가능하게하고 필요한 시점의 유

닛 위치에 대한 AutoCAD 파일을 바로 제공해 준다.

제시한 설계 시스템은 기존의 숙련된 경험자에 의한 헤밍유닛의 설계 방식을 탈피하여 프로그램을 통해 치수에 의한 설계의 틀을 제공함으로써 큰 경험적 지식이 없어도 헤밍유닛 설계에 사용될 기구학적 움직임을 작도하도록 도와준다. 이 과정에서 기존의 시행착오적 기구설계 방식을 수치적인 설계의 개념으로 전환하여 기존의 전문 설계자에 의해서도 작업의 시간과 효율을 높여줄 수 있다.

특히 기존 설계 방식에서 행해져오던 시행 착오를 통한 작도를 기구간의 움직임이 자동 계산되어 작도되는 수치적 방법으로 변경하는 것은 헤밍 금형 전체의 자동 설계를 위한 기틀 마련의 측면에도 의의가 있다.

후 기

이 논문은 2005년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임

참 고 문 헌

[1] 한규희, 2000, 헤밍가공의 성형 품질에 관한 실험적 연구, 고려대 석사학위논문.

[2] 최원목, 임재규, 박춘달, 김형종, 2003, 간이 모델을 이용한 헤밍공정변수 연구 및 헤밍품질 평가, 한국소성가공학회 추계학술대회 논문집, pp. 113~116.

[3] 안덕찬, 이경돈, 인정재, 김권희, 2000, 자동차 패널의 헤밍공정 설계에 관한 연구, 한국소성가공학회지, 제 9 권, pp. 624~630

[4] 김헌영, 임희택, 최광용, 이우홍, 박춘달, 2002, 자동차 외판 플랜징/헤밍공정에 대한 유한요소 해석 모델링, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 103~107.

[5] H. Livatyalia, T. Altan, 2004, Experimental investigation of forming defects in flat surface-convex edge hemming, pp.20~27.

[6] 정효상, 이성수, 2001, 자동차 BONNET 헤밍금형의 설계 및 제작에 관한 연구, 건국기술연구논문지, 제 26 집, pp. 191~203.