

자동차 패널용 헤밍 금형설계를 위한 타이밍차트 자동생성

김동직¹ · 송윤준² · 정훈² · 한영호[#]

Automatic Generation of Timing Chart for Car Panel Hemming Die Design

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

(Received June 15, 2006)

Abstract

The inner and outer car panels for bonnet, door, and trunk lid are assembled by hemming rather than welding. To achieve successful fabrication of these panels, the complicated timing chart of hemming units for pre- and main hemming stages should be made to optimal one. In this study, a design system for automatic timing chart generation is developed. Using AutoCAD VBA and EXCEL data chart, hemming die design parameters and guidelines were put into the program to give hemming unit drawings and consequent timing charts. Then the prepared timing charts were checked and modified. The effectiveness of the system is verified by applying it successfully to hemming unit design for bonnet panel joining.

Key Words : Hemming, Pre-hemming, Main hemming, Timing chart, Car panel

1. 서 론

자동차 차체는 프레스로 성형한 박판들을 용접을 통해 결합하여 완성된다. 예를 들어 루프(roof)나 펜더(fender), 아웃터 사이드 패널의 경우에는 테두리가 차체 안쪽으로 접혀진 플랜지부에서 다른 부품과 용접되어 용접부의 외부 노출이 없어 용접 결합이 문제가 되지 않는다. 그러나 차량 외관을 이루는 일부 부품의 경우 외판과 내판의 결합에 용접 방법을 사용하면 패널 표면에 용접 자국을 남기게 되어 도장 작업 이후에도 미관상에 치명적 결합이 된다. 이 같은 문제로 자동차 외판 중 보닛(bonnet), 도어(door), 트렁크 리드(trunk lid)와 같은 개폐가 가능한 부품들은 헤밍 공정을 통해 결합된다. 또한 패널의 날카로운 테두리로부터 사용자를 보호하기 위해서도 특정 부품 결합에

헤밍은 필수적인 공정이다.

헤밍 공정 역시 프레스에서 금형을 통해 이루어지지만 드로잉이나 플랜징 등의 일반적인 성형 공정과는 작업의 개념이 다르다. 헤밍 작업은 캠(cam)과 링크(link) 기구를 이용하여 램의 상하 운동을 편치가 운동 방향에 대해 각도 있는 움직임을 갖도록 하는 링크 유닛에 의해 수행된다[1].

헤밍 공정은 링크 유닛에 연결된 헤밍 편치가 외부패널의 테두리를 구부려 접으면서 내부 패널을 감싸는 형태로 진행된다. 이같이 정확한 움직임과 금형간의 상대적 위치가 필요한 헤밍 금형을 설계하기 위해서는 공정의 특성을 제대로 파악하고 있는 경험 많은 설계자와 충분한 설계 시간이 필요하다. 특히 자동차 차체 제작에서 여러 개의 링크 유닛이 겹쳐질 제품의 외곽 테두리를 따라 플랜지를 구부리는 시점 결정은 정확한 타

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

이밍 작성을 필요로 한다. 유닛의 배치와 함께 움직임의 순서를 포함하는 전체적인 타이밍 차트를 그리는 것은 헤밍 공정 설계의 핵심이 되는 중요한 작업이며 숙련된 경험자도 많은 작업시간이 필요하다.

이전의 관련 헤밍 금형 및 공정에 관한 연구는 헤밍 공정 시 헤밍 품질에 영향을 미치는 공정변수에 관한 실험 및 해석적인 연구가 주를 이루었다[2~3]. 헤밍 금형의 설계 및 제작에 대해서는 설계 순서와 각 공정별 설계 고려 사항 등을 체계적으로 정리한 것이나, 가공방향 및 링크에 대한 단편적 설계 지침을 제시한 것 등 설계 작업의 효율을 높이는 측면의 연구가 있었다[4~6]. 그러나 자동 설계의 가능성이 충분한 설계 방법에도 불구하고 전 금형을 고려한 자동설계의 어려움으로 인하여 부분적인 자동화도 이루어지지 못하고 있는 현실이다.

이 같은 현실에서 전체 설계의 자동화를 위해서도 부분적인 자동 설계 방법의 도입은 그 의미가 있다. 현장의 헤밍 금형 설계는 주로 2차원 CAD를 이용한 순차적 작도 설계 방식이 사용된다. 순차적 반복 작도를 대체할 방법으로 공구의 기준 위치에 따른 헤밍 유닛의 자동 작도를 위한 기하학 계산 방법을 김동직[1] 등이 연구한 바 있다. 이 연구는 이 기하학적 수식을 기반으로 하여 여러 개의 헤밍 유닛의 작동 순서를 포함하는 타이밍 차트의 생성 및 조절을 AutoCAD와 EXCEL을 이용하여 수행할 수 있도록 하였다. 2차원 CAD를 사용은 3차원 CAD 도입에도 불구하고 현장에서 도면과 공정 설계를 위해 지속되고 있기 때문에 아직까지 널리 사용되는 설계 방법이다. 따라서 2차원 CAD의 사용은 실제 금형 제작 현장에서 직접적인 도움을 줄 수 있는 방법이 된다.

이 연구에서는 현장의 생산 방법에 대한 지원을 목적으로 AutoCAD와 연계된 헤밍 금형 유닛 설계 시스템을 구축하였다. AutoCAD VBA(Visual Basic Application)와 스프레드 시트 프로그램인 마이크로소프트사의 EXCEL을 사용하여 헤밍 유닛의 기본적인 치수와 설계조건인 입력만으로 드라이브 캠에 의한 유닛의 움직임이 CAD 파일화되며, EXCEL을 통해 타이밍 차트를 생성하고 관리하게 해주는 시스템이다. 특히 타이밍 차트의 생성 및 관리에 있어 EXCEL 프로그램의 사용은 헤밍 공정에 사용되는 유닛들과 많은 변수들을 한번에 확인하고 수치 변경에 대한 내용을 즉각적

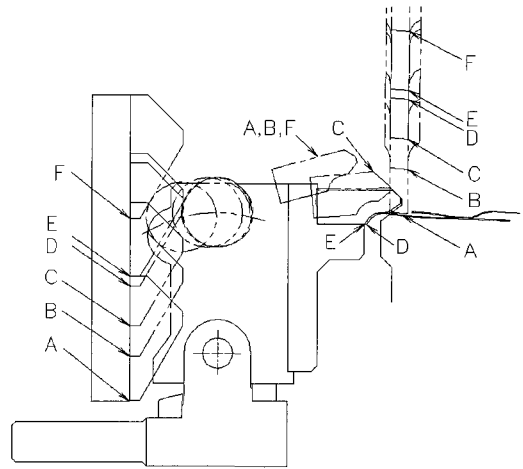


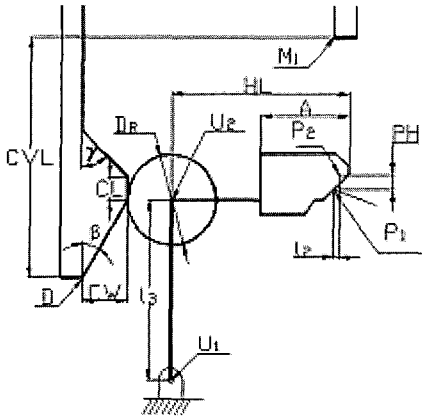
Fig. 1 Hemming unit operation : (F) Drive cam and roller contact (E) Pre-hemming and flange contact (D) Pre-hemming finish (C) Interference check (B) Pre-hemming punch return finish (A) Main hemming finish

으로 파악할 수 있도록 하여 설계 전반에 편리성과 정확성을 확보할 수 있다.

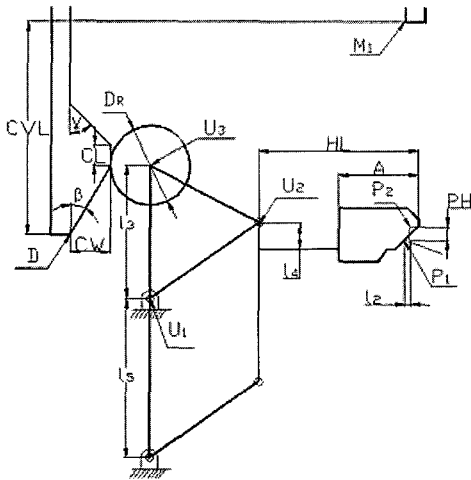
2. 헤밍 유닛의 작동

헤밍 유닛 설계는 2절과 4절 헤밍 유닛의 기구학적 움직임에 의해 헤밍 유닛과 연결된 예비헤밍 펀치와 프레스 상형에 결합된 본헤밍 펀치의 순차적이고 연속적인 움직임에 대한 정의 과정이다[1].

Fig. 1에 타이밍 선도 설계 기준이 되는 2절 유닛의 각 운동에 따른 예비헤밍 펀치와 본헤밍 펀치의 운동, 캠의 형상을 나타내었다. 캠과 링크롤러의 접촉을 나타내는 F점을 시작으로 시점 E는 패널의 끝과 예비헤밍 펀치가 접촉을 시작하면서 예비헤밍이 이루어지는 단계, D는 예비헤밍 펀치가 캠의 진입경사면을 지나 예비헤밍이 완료되는 단계를 나타낸다. C는 예비헤밍 펀치가 패널에 대한 헤밍을 완료한 후 시작 위치로의 복귀 시작시점으로, 예비헤밍 펀치가 원위치로 복귀되는 동안 하강하는 본헤밍 펀치와 간섭이 확인되는 시점을 포함하고 있다. B는 예비헤밍 펀치가 초기 시점으로 복귀한 단계, A는 예비헤밍 펀치는 정지하고 본 헤밍 펀치만 하강하여 헤밍이 완료되는 단계이다. 4절 유닛도 예비헤밍 펀치가 병진 운동 하는 것 외에는 2절 유닛과 움직임이 같다.



(a) 2-link



(b) 4-link

Fig. 2 Pre-hemming unit dimension

현재 헤밍 금형 제작 현장에서는 패널의 플랜지 끝 단의 위치로부터 예비 헤밍 펀치의 접촉시점에서의 공구의 위치 작도를 시작으로 예비헤밍 완료, 복귀, 본헤밍 시작 시점 등의 일련의 작업 순서를 순차적인 2차원 작도를 통해 공구간의 상대 위치 등의 간섭이 없도록 시각적으로 판단하여 설계를 수행한다.

이를 대체하기 위해 이전의 연구에서 순차적인 작도 방법을 대체할 수학적 기반을 마련한 바 있다. 이 방법은 Fig. 1의 설명과 같은 순서로 이루어지는 헤밍 공정에서 하강하는 드라이브 캠에 의해 위치가 변하는 예비헤밍 펀치의 운동을 수학적으로 정의한 것이다. 따라서 예비헤밍 펀치의 위치는 현장의 설계 방식을 따라 Fig.1에서 설명

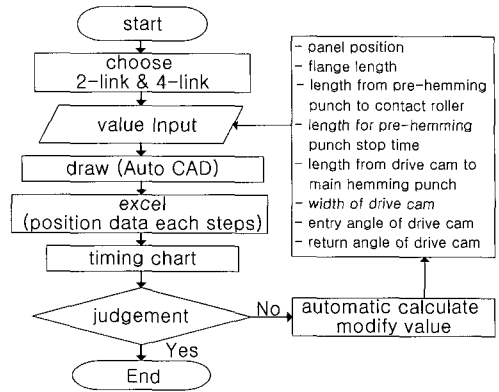


Fig. 3 Drawing process

한 위치 A, B, C, D, E, F의 특정 시점에서 계산되었다[1].

Fig. 2에 본 연구에서 사용한 2절과 4절 유닛의 작동 메카니즘에 관해 변수화 시킨 유닛의 형상 및 변수를 나타내었다. 이 변수들을 바탕으로 AutoCAD VBA와 EXCEL을 이용해 기존의 수작업 방식을 대체할 헤밍 금형 설계 지원 시스템을 구축하고자 한다.

3. 헤밍 유닛 설계 시스템

3.1 헤밍 유닛 자동작도 프로그램

헤밍 유닛 자동 설계 프로그램은 금형 설계 산업 현장에서 많이 사용하는 AutoCAD상에서 실행될 수 있도록 AutoCAD VBA를 이용하여 개발하였다. AutoCAD상에 그려지는 유닛의 움직임에 대한 자동 작도와 함께 EXCEL 그래프로서 타이밍 차트가 동시 생성된다. 헤밍 유닛 설계지원 시스템의 자동 작도 방법을 Fig.3에 나타내었다.

작도에 필요한 변수 값을 입력하는 즉시 수학적 알고리즘에 기초한 작도가 수행된다. 동시에 EXCEL을 통한 타이밍 차트의 그래프가 생성되어 이를 근거로 예비헤밍 펀치와 본헤밍 펀치의 간섭을 체크하여 그 수정 값을 반영해 재 작도를 수행하게 된다.

Fig. 4는 변수 입력창을 나타낸다. AutoCAD의 아이콘으로 추가되어 있는 유닛의 종류 선택을 통해 입력창이 나타난다. 왼쪽에 패널의 정보, 오른쪽에 유닛 관련 입력창으로 구성하였다. 헤밍 공정에 대한 타이밍 조절시 변경이 필요한 변수들을 입력하고 바로 작도할 수 있는 구성을 갖는

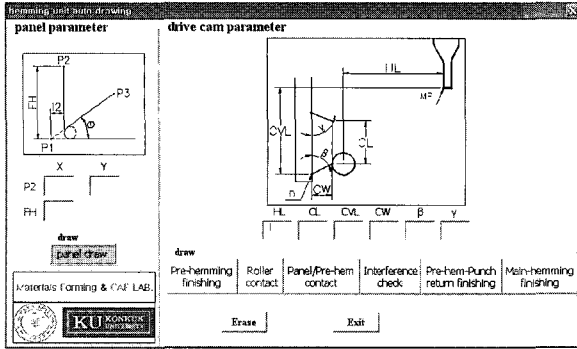


Fig. 4 Hemming unit parameter input window: panel draw-drawing a panel, pre-hemming finish-drawing pre-hemming completion point, roller contact-drawing roller & drive cam contact, interference check-drawing the interference point, main-hemming punch & pre-hemming punch, pre-hemming punch return finish-drawing return completion point, Main hemming finish-completion panel/pre-hemming contact-drawing panel & pre-hemming contact point

다. 주요 변수들에 대해 형상과 함께 표시되어 직관적인 입력을 가능하게 하였다. 유닛의 치수 및 기본 변수는 프로그램 안에 고정상수로 처리하였다. 이는 업체의 기준에 따라 필요시 쉽게 수정할 수 있다. 이 입력창은 4장에서 설명한 타이밍 차트 생성의 처음 과정인 임의의 타이밍 차트 생성과 생성 과정에서 변수값 수정을 할 때 사용된다.

플랜지 끝 단의 x, y좌표와 플랜지 높이를 먼저 입력하여 패널 작도를 수행한다. 그리고 접촉 로울러부터 예비헤밍 펀치 선단까지 거리(HL)은 Fig. 4의 각 유닛 단면에서 플랜지 끝단까지의 거리를 측정하여 입력한다.

캠의 평행부의 길이(CL)은 예비헤밍 후 패널을 예비헤밍 펀치 복귀 시작 시점까지 누르고 있는 시간 조절에 사용된다. 드라이브 캠의 기준점 D에서 본헤밍펀치 선단까지 수직거리(CVL)은 초기에 임의 설정 후 타이밍 차트 생성 후 자동 계산되어지는 수정 값을 입력하여 본헤밍 펀치의 길이를 조절하는데 사용된다. 캠의 폭(CW)는 예비헤밍 펀치의 진입시간과 복귀시간을 조절하는데 사용된다. 드라이브 캠의 하단 진입각(β)와 드라이브 캠의 상단 복귀각(γ)은 초기에 임의로 설정하고 타이밍 차트 분석을 통한 수정 값을 입력하여 예비헤밍 펀치와 본헤밍 펀치의 간섭확인 시점 조절에 사용된다.

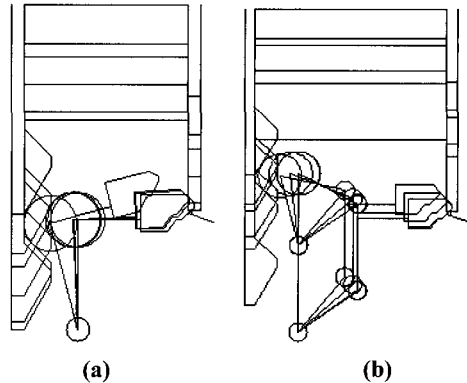


Fig. 5 Unit motion drawing: (a)2-link unit (b) 4-link unit

여기서 드라이브 캠의 평행부의 길이(CL)가 크면 예비헤밍에서 예비헤밍 펀치가 패널을 누르고 있는 시간이 길어지게 된다. 캠 하단 진입각(β)가 커지면 예비헤밍시 펀치의 진입 과정의 전체 시간이 짧아지고, 캠 상단의 복귀각(γ)가 커지면 예비헤밍 후 원 위치로의 복귀 시간이 짧아지게 된다.

입력 후 헤밍 유닛 움직임에 대한 각 단계 버튼을 클릭하면 각각의 유닛의 움직임이 자동으로 AutoCAD 상에 작도된다. Fig. 5에 각각의 헤밍 단계에 대한 드로잉 버튼을 클릭하여 2절과 4절의 유닛 움직임이 이전 헤밍단계에서 작도된 형상에 중첩되어 그려진 모습을 나타내었다.

3.2 타이밍 차트 생성

제안하는 설계 시스템에서 타이밍 차트는 헤밍 유닛 자동 작도 프로그램의 실행과 동시에 생성된다. 타이밍 차트는 개별적인 유닛의 움직임이 아닌 유닛 전체에 대한 움직임의 시점을 맞추기 위해 필히 생성되어야 한다. Fig. 6(a)에서 작도와 동시에 드라이브 캠의 위치(C)와 각 기준 시점에 따른 수치적 위치 계산값(D)의 결과가 자동으로 EXCEL로 전송되어 계산된 모습을 보여준다. 이 정보에는 임의의 초기 입력값(A)과 패널의 정보(B)를 포함하고 있다. 자동 작도와 동시에 Fig. 6(c)와 같은 타이밍 차트가 누적 형태의 막대그래프로 자동 생성된다. Fig. 6(b)에 헤밍 자동 작도 프로그램을 이용하여 7개 유닛에 대한 AutoCAD 상의 작도 모습을 나타내었다. 각 유닛의 위치는 패널이 3차원적으로 굴곡을 지고 있기 때문에 이에 대한 높이 차이에서 결정된다. 이 자동 작도된 유닛들은 헤밍 금형 본체 설계시에 복사되어 별

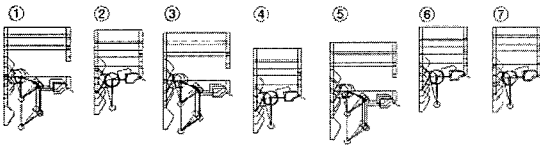
Input value							
	hemming unit ①	hemming unit ②	hemming unit ③	hemming unit ④	hemming unit ⑤	hemming unit ⑥	hemming unit ⑦
Drive Cam Height	532.89	877.85	814.97	800.32	812.38	802.31	801.83
h1	107	8	101	8	101	8	101
h2	235	158	209	170	170	170	159
h3	12	12	12	12	12	12	12
h4	130	130	130	130	130	130	130
h5	30	30	30	30	30	30	30
h6	50	50	50	50	50	50	50
h7	45	45	45	45	45	45	45

Panel location							
	X	Y	Z	X	Y	Z	X
①	0	0	0	1129.04	1445.24	1022.31	687.26
②	0	0	0	187.03	272.24	291.81	700.50
③	152.98	877.86	814.97	600.82	472.56	695.81	691.98

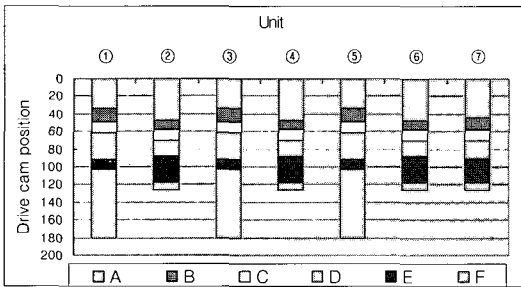
Calculated location for stages							
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
base point (mm)	538.0298	550.3574	535.0599	528.9672	535.9398	528.5674	522.5674
start point	510.0298	508.1115	513.0298	508.7116	516.0298	508.7115	509.7115
first contact	541.8898	481.1884	508.2898	535.0248	500.2898	539.0248	538.81
main-hem' completion	538.0298	485.9274	483.0298	523.9674	535.9398	528.9674	522.5674
interference check	484.0789	490.9488	481.0789	489.976	543.9789	498.988	499.0244
return start	472.8841	391.3238	439.884	469.3938	517.8841	509.3938	483.3938
main-hem' completion	398	393	367	461	459	421	427

Lower base point value of drive cam							
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
A	34.07981	47.84487	34.07981	47.61891	34.07981	47.61981	45.30147
B	15.36202	10.19242	15.36202	10.12719	15.36202	10.12719	15.84284
C	12	12	12	12	12	12	12
D	23.93086	18.02065	23.93086	18.0114	23.93086	18.0114	20.58297
E	11.78486	23.45286	11.78486	23.66219	11.78486	23.66219	20.61981
F	17.89242	8.362815	17.89242	8.362815	17.89242	8.362815	8.362815

(a)



(b)



(c)

Fig. 6 Initial timing chart and units drawing: (a) transferred data in EXCEL (b)units drawing (c)initial timing chart

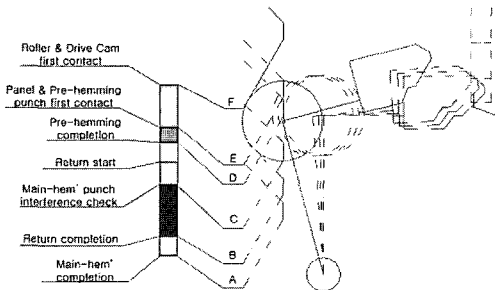


Fig. 7 Unit motion for graph legend

다른 추가 작도없이 활용된다.

이 같은 타이밍 차트의 생성은 헤밍 유닛 설계에 대한 데이터의 체계적 관리를 가능하게 하여 설계 노하우의 보존 및 전달에도 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

Fig. 7에 타이밍 차트에서 나타내는 그래프의 의미를 헤밍 유닛의 위치와 함께 나타내었다. 하나의 막대 그래프 길이는 드라이브 캠과 하나의 강체를 이루고 있어 동시에 하강하는 본 헤밍펀치 하강(행정) 길이를 나타내며 그래프의 구역 구분은 특정한 헤밍 작업 시점에서의 본헤밍 펀치 하강량을 표현한다. 각 구역의 길이는 다음 작업 시점까지 본헤밍 펀치의 하강량이다. 이 타이밍 차트는 설계자에게 수치적 계산을 시각적으로 보여주어 직관적인 판단을 통해 설계에 반영하게 한다.

4. 헤밍 유닛 설계 시스템의 검증

타이밍 차트 자동 생성 프로그램의 검증과 효용성을 검증하기 위하여 현장에서 양산용 자동차 보닛용 패넬을 대상으로 제안한 시스템을 통한 헤밍 유닛 설계를 수행하였다.

4.1 헤밍 유닛 배치

헤밍 공정 설계는 대상 패넬의 헤밍될 플랜지 라인에 따른 예비헤밍 펀치 분할선을 결정하고 그에 따른 유닛의 배치로부터 시작된다. 유닛 배치는 제품 형상에 따라 현장의 노하우가 반영되는 단계이며 설계자의 기술 수준에 따라 여러 방법으로 이루어진다.

보닛에 대한 형상은 헤밍 금형 설계 업체로부터 CAD 파일을 제공 받아 필요한 정보를 사용하였다. Fig. 8에 보닛의 예비헤밍 펀치 프로파일과 17개의 유닛 배치, 펀치 분할선을 나타내었다. 본예제의 경우는 업체에서 숙련자가 설계한 유닛 선택과 배치를 그대로 반영하였다. 대략적인 설계 가이드에 대한 설명은 다음과 같다.

보닛이 대칭 형상이므로 헤밍유닛의 배치 또한 대칭이 되며 예비헤밍 펀치를 공유한 유닛의 경우 동일한 움직임을 나타내게 된다.

업체의 설계 기준에 따른 링크 종류 선정은 일반적으로 제품의 안착 방향이 결정된 후 평면도와 측면도상에서 펀치 프로파일이 직선으로 간주될 정도면 2절 유닛, 굴곡 정도가 심한 경우 4절

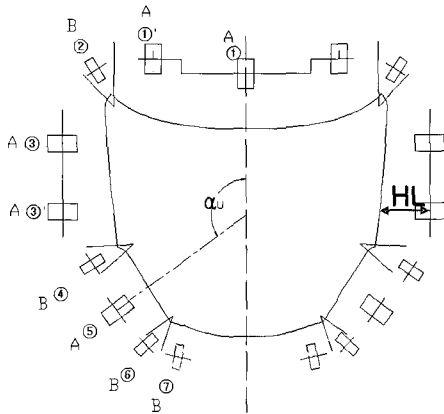


Fig. 8 Pre hemming punch profile and unit arrangement(A: 4-link unit, B: 2-link unit)

유닛이 사용된다. 굴곡이 심할 경우에 2절 유닛을 사용하게 되면 예비 헤밍 펀치의 패널 끝 단 접촉 시점이 동일한 펀치 면에서도 플랜지 위치에 따라 서로 달라지기 때문에 플랜지 접합에 시차가 생겨 원하는 헤밍 패널 품질 확보에 어려움이 생기기 때문이다. 이에 대한 판단은 제작 업체 자체의 기준으로 결정된다.

이 설계 단계에서 독립된 링크 유닛의 종류 선정뿐만 아니라 헤밍 작동 시점도 결정한다. 유닛별 예비헤밍 작동 시점 결정은 예비헤밍 작업시 패널의 밀림을 막고, 또 플랜지 성형의 균형을 맞추어 최종적으로 고품질의 제품을 생산하기 위함이다.

종류가 결정된 유닛과 연결된 각각의 예비헤밍 펀치들은 드라이브 캠에 의해 시차를 두고 움직이게 된다. 작업 시점과 관련된 사항들은 예비헤밍 시 각각의 링크에서 발생하는 움직임을 표현한 타이밍 차트를 참고하여 드라이브와 캠의 상대적 위치와 캠의 형상, 유닛의 치수 등의 변수값 수정을 통해 결정된다.

유닛 배치와 작동 순서에 대한 선정과 헤밍될 패널의 플랜지에 대한 위치 정보를 Table 1에 나타내었다. Table 1에는 드라이브 캠을 포함한 헤밍 유닛의 초기 기본값을 포함한다. 이 정보는 자동작도 프로그램과 EXCEL 데이터로 사용되어 작도와 동시에 타이밍 차트를 생성하는데 사용된다.

설계 원칙에 따라 유닛 ②, ④, ⑥, ⑦은 2절 유닛으로, 유닛①, ③, ⑤는 4절 유닛으로 선정하였다. 플랜지 굽힘 순서는 유닛 ①, ⑦의 굽힘 시작으로

Table 1 Input parameter

Unit	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
unit type	4	2	4	2	4	2	2
process	1st	3rd	2nd	3rd	2nd	3rd	1st
Unit	HL	215	160	205	170	170	155
Drive	CL	12	12	12	12	12	12
	CW	30	30	30	30	30	30
	β	30	30	30	30	30	30
Cam	γ	45	45	45	45	45	45
	γ	45	45	45	45	45	45
panel	X	-840	-885	-500	260	530	768
	Y	0	-775	-1055	-868	-783	-563
	Z	532.9	514.9	500.3	593.3	591.8	593.3
	FH	10	5	10	5	10	10
CVL	130	130	130	130	130	130	130

유닛 ③, ⑤, 코너부 굽힘을 위한 유닛 ②, ④, ⑥의 순서로 예비헤밍 펀치에 의한 패널의 플랜지 성형이 이루어지도록 하였다. 플랜지의 높이(FH)는 코너부 5mm, 그 외는 10mm로 설정하였다.

드라이브 캠의 초기 변수인 드라이브 캠의 평행부의 길이(CL), 상단 북극각(γ), 하단 경사각(β), 캠의 두께(CW)와 드라이브 캠의 선단과 본헤밍 펀치끝단 사이의 거리(CVL)은 타이밍 차트를 참고로 작동 시점 조절 과정에서 수정된다.

4.2 초기 타이밍 차트 생성

Table 1의 입력 정보들을 Fig. 4의 AutoCAD상의 입력창을 통해 입력하면 작도와 동시에 EXCEL에 입력된다. 이 단계에서 생성된 타이밍 차트는 임의의 값에 의한 것이다. EXCEL에 자동 전송된 이 값들은 적절한 수정 값이 자동 계산되어 두 번째 단계인 예비 헤밍 시작 타이밍 조절에 사용된다.

4.3 예비헤밍의 시작 타이밍 조절

Fig. 9는 예비헤밍의 시작 타이밍이 조절된 후의 타이밍 차트를 나타낸다. 임의값에 의한 초기 타이밍 차트 생성과 함께 자동 계산된 수정값을 AutoCAD 입력창에 입력함으로써 얻어진다. 수정 값 입력은 자동으로 이루어질 수 있지만 이 과정을 포함한 이후의 타이밍 차트 작성의 각 단계에서 설계자의 의도를 제대로 파악했는지 확인하기 위해 타이밍 차트로 표현하는 과정을 거치는 것이다.

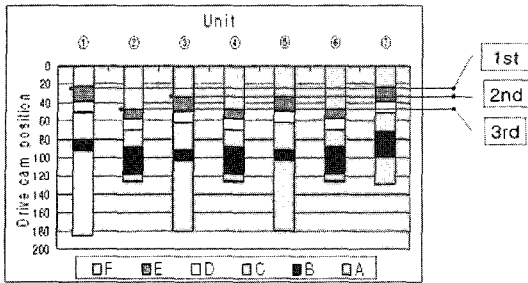


Fig. 9 First modified timing chart

제일 먼저 굽힘이 이루어지는 유닛 ①, ⑦과 두 번째 굽힘을 수행하는 유닛 ③, ⑤의 세 번째 굽힘을 수행하는 유닛 ②, ④, ⑥의 경사각을 수정하여 Fig. 9의 타이밍 차트에서 막대 그래프 처음 구역의 길이 차이로 나타난다. 동일한 순서를 갖는 헤밍 유닛에 대해 패널 첫 접촉 시점이 동일하게 맞춰진 것을 볼 수 있다.

4.4 예비헤밍편치와 본헤밍편치 간섭체크

예비헤밍 편치가 성형을 행하는 동안 본헤밍 편치는 계속 하강을 한다. 이때 예비헤밍 편치의 복귀 과정에서 본헤밍 편치와 간섭(충돌)이 일어나지 않도록 하기 위해 유닛 움직임의 설계 과정에 예비헤밍 편치와 본헤밍 편치 사이의 간섭을 확인해야 한다.

일반적인 헤밍 금형 설계 지침에 따라 예비헤밍 편치의 끝점이 하강하는 본헤밍 편치와 일직선을 이룰 때 둘 사이의 간격이 10mm 가 유지되도록 한다. 물론 하나의 개별 헤밍 유닛에 대한 간섭의 확인은 수치적 계산에서 자동으로 이루어졌기 때문에 특별한 조절이 필요 없다. 그러나 이 확인 시점이 링크의 종류와 첫 진입각 조절에 따라 여러 유닛에서 서로 다르게 나타나기 때문에 모든 유닛에 대한 확인 시점이 동일한 행정 시점에서 맞추기 위해 이 과정은 꼭 필요하다. 다시 말해 이 과정을 거치지 않으면 하나의 유닛이 간섭 확인을 마친 이후라도 계속 하강하는 편치에 의해 간섭적인 전인 다른 유닛에 충돌이 발생할 수 있다.

간섭 확인은 타이밍 차트 막대 그래프의 4번째 구역을 통해 이루어진다. 작동 시점 조절은 Fig. 4에 드라이브 캠의 상단 복귀각(γ)과 평행부의 길이(CL)의 조절을 통해 이루어진다. 복귀각 조절은 세밀한 변화가 필요할 때 사용되며, 큰 값의 조절은 예비헤밍 후 패널을 예비헤밍 편치 복귀 시작

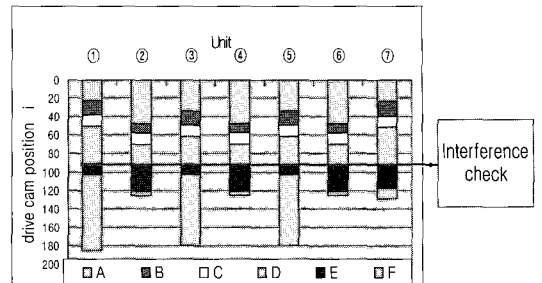


Fig. 10 Second modified timing chart

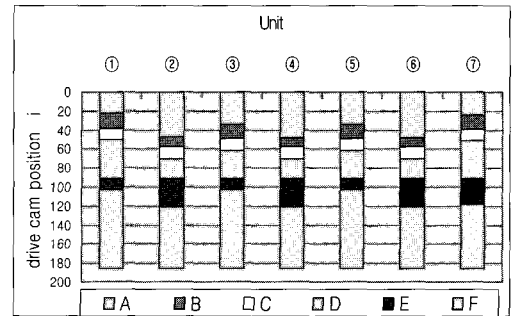


Fig. 11 Third modified timing chart

시까지 누르고 있는 시간을 나타내는 드라이브 캠의 평행부의 길이(CL)로 조절한다. 이 과정은 설계자의 판단과 설계 기술을 활용하여 설계의도에 맞추어 행해질 수 있다. 이 예제에서는 가장 늦게 간섭체크가 이루어지는 유닛 ②, ④, ⑥의 시점에 다른 유닛의 간섭 체크 시점을 드라이브 캠의 상단 복귀각(γ) 조절을 통해 맞추었다. Fig. 10에 간섭체크를 위해 예비헤밍 시점이 조절된 타이밍 차트를 나타내었다.

4.5 행정 길이 조절

행정 길이 조절은 헤밍 유닛의 움직임에 대한 모든 특정 시점 조절이 이루어진 후 본헤밍 편치의 하강 길이를 맞추기 위해 행해진다. 이전 방법의 헤밍 유닛 설계 단계에서는 필요치 않은 과정이지만 설계 자동화를 위해 추가된 작업이다. 그러나 수정값을 따로 계산할 필요가 없으므로 설계자는 이 단계를 타이밍 차트를 통해 확인만 하면 된다.

이전 단계의 간섭 확인 시점의 타이밍 차트 생성과 동시에 EXCEL상에서 편치의 행정 길이 조절에 대한 값이 자동으로 계산되어 EXCEL 데이터와 그래프 상에 자동으로 반영된 모습을 Fig. 11에 나타내었다. 막대 그래프의 전체 길이가 동일하게 조절되어 모든 유닛에서 행정 길이가 일치

하는 것을 볼 수 있다.

5. 완성된 타이밍 차트와 CAD파일의 활용

타이밍 차트를 생성하는 각 단계의 과정에서 AutoCAD상의 작도가 자동으로 이루어진다. 따라서 설계자는 최종 헤밍 유닛의 결과는 물론 필요에 따라 각 단계의 CAD 파일을 손쉽게 얻을 수 있다. 이 CAD 데이터는 헤밍금형 설계를 위한 도면 작성에 바로 사용되어 금형의 설계가 보다 간단히 수행될 수 있다. 실제 현장에서는 이 데이터들에 금형 본체 설계를 추가하여 헤밍 금형의 설계가 완성될 수 있다. 순차적 작동을 위한 본헤밍과 예비헤밍 펀치의 길이, 각 유닛의 드라이브캠의 형상 등을 본 시스템을 통해 완성하였기 때문에 일반적인 금형 부품들에 대한 설계만으로 설계가 간략해 질 것이다.

다른 일반적인 금형 설계와 달리 헤밍 금형은 유닛들의 순차적인 움직임을 제어하면서 설계되어야 하기 때문에 타이밍 차트의 생성에 많은 시간을 들이게 된다. 기존의 수작업으로 순차적인 작도를 하고 이에 대한 별도의 타이밍 차트 생성을 통해 전체 헤밍 공정 설계를 완성하던 작업이 몇 번의 변수 값 수정만으로 이루어졌다. 반복 작동 방법은 각 공구들의 간섭을 하나씩 확인하면서 몇 일간의 반복 작동 작업을 통해 이루어진다. 그러나 제시한 설계 시스템은 설계자의 판단이 필요한 부분과 작도가 자동으로 이루어지기 때문에 단 시간에 이를 처리할 수 있음을 보였다.

제시한 시스템은 헤밍 금형 생산 업체의 자체 기준에 따라 제시하지 않은 기타 변수 값들도 변경 가능하며 이를 변수 입력 창으로 쉽게 생성시킬 수 있어 각 현장 실정에 맞는 유연한 설계 방법 적용에도 유리하다.

후 기

이 논문은 2005년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임.

6. 결 론

헤밍 금형 설계 자동화를 위해 헤밍 유닛의 자동 설계와 동시에 타이밍 차트를 자동생성할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 금형 생산 현장에서 널리 사용하는 AutoCAD와 EXCEL을 이용하여 헤밍 유닛의 움직임을 고려한 수치적 설계 방식을 사용하였다. 헤밍 유닛의 주요 움직임 시점이 자동 계산되어 설계 방식이 단순화되기 때문에 경험 많은 설계자에 의해 행해지던 헤밍 유닛 설계가 미숙련자에 의해서도 가능하게 된다. 이는 유닛 전체에 대한 타이밍 조절을 쉽게 할 수 있게 하여 헤밍 금형 설계 및 제작시간을 단축할 수 있다. 헤밍 금형 설계시 가장 중요한 타이밍차트를 수학적 기반에서 자동생성이 되기 때문에 헤밍 금형 전체의 설계 자동화에 기반이 될 것이다. 본 연구를 통해 개발된 프로그램은 자동차 보닛에 적용하여 확인한 바와 같이 현장의 헤밍 금형 설계에 바로 적용하여도 문제가 없음을 입증되었다.

참 고 문 헌

- [1] 김동직 외, 2006, AUTO CAD를 이용한 자동차 헤밍유닛의 자동작도 프로그램 개발, 한국소성가공학회지, 투고.
- [2] 한규희, 2000. 2, 헤밍가공의 성형 품질에 관한 실험적 연구, 고려대, 석사학위논문.
- [3] 최원목, 2004. 2, 헤밍품질의 정밀예측 및 헤밍공정 변수연구, 강원대, 석사학위논문.
- [4] 권태훈, 2000. 2, 헤밍공정의 성형품질연구, 고려대, 석사학위논문.
- [5] 김현영 외, 2002, 자동차 외관 플랜징 헤밍공정에 대한 유한요소해석 모델링, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 103~107.
- [6] 안덕찬 외, 2000, 자동차 패널의 헤밍 공정 설계에 관한 연구, 한국소성가공학회지 제 9권 6호, pp. 624~630.