

헤밍금형설계의 자동화를 위한 타이밍선도 자동설계시스템개발

정효상*(경기공업대학), 조윤희**(한산실기)

Timing Chart Auto-Design system development for an Automated hemming die design

H. S. Jung(Mech. Eng. Dept., KINST), Y. H. Cho(Hansan. Eng)

ABSTRACT

So far, this report is written by knowledge and standard through several reference drawing and experienced contents with drawing hemming die. The contents about actual design is so huge that I will write about it next time. Timing chart is important to hemming die because of link position and numbers. Timing chart need a very much design time because link number and position have to applied for each case. In this paper developed an automatic timing chart and link position by relation and Pro/Program of Pro/Engineer. The method used relation rule of design parameter for timing chart. In the future, I believe that simple easy to correct and reasonable price hemming die will be produced.

Key Words : Hemming die(헤밍금형), Prepunch(예비펀치), Pre-Hemming(예비헤밍), Timing chart(타이밍선도)

1. 서론

최근 자동차의 외관 디자인에는 큰 곡선과 각이 조화를 이루면서 이와 더불어 부품 수를 줄이기 위한 여러 가지 노력이 이루어지고 있다. 그 중에서도 자동차 외관을 결정 짓는 보닛(Bonnet), 도어(Door), 트렁크(Trunk)는 일반 프레스 금형과는 달리 헤밍 공정이 추가가 된다. 즉 내 패널(Inner panel)과 외 패널(Outer panel)을 조립하는 공정을 의미 한다. 따라서 헤밍 금형의 제작은 작지 않은 설계시간, 제작기간, 그리고 많은 인력을 필요로 한다. 본 연구에서는 헤밍 금형을 설계 할 때 설계자가 많은 시간을 할애하는 타이밍 선도과 링크 배치를 프로그래머를 이용하여 자동으로 설계 하여 헤밍 금형의 전체 자동설계 시스템의 기틀을 마련하고자 한다. 헤밍금형의 설계 및 제작에 관한 연구¹은 실제 설계에 대한 정보 및 설계 순서를 정의 하였고, 가공방향 및 링크에 대한 설계²는 정의 되었다. 또한 프레스 금형의 자동설계에 대한 연구는 상업용 CAD/CAM 시스템을 이용하여 많은 시도가 있었다.³⁻⁸ 따라서 여기서는 타이밍 선도의 작성 방법 및 설계 요령에 기초하여 그 변수에 해당하는 부분을 변수화하고 타이밍선도와 링크의 배치의 유기적 관계를 매개변수로 정의하여 자동설계를 구현 하고자 한다.

2. 헤밍의 원리

Fig. 1은 일반적인 자동차 본넷 형상을 나타내고 있으며, 서브커버가 보닛과 일체로 설계된 모델이다. 헤밍이란 내 패널과 외 패널의 가장 자리 면을 접어서 결합하거나 하나의 패널(Only Panel)에 대하여 가장 자리를 접어서 패널의 강도보강 및 외관의 품질향상을 목적으로 하는 헤밍이 있는데, 대표적인 것으로는 Fig.2와 같은 종류의 것들이 있다.

Fig. 2의 (1)은 일반적인 헤밍(flat hemming)으로 보닛, 트렁크에 사용된다. (2)는 내 패널이 없는 헤밍으로 주로 보강을 필요로 하는 경우에 사용된다. (3)은 샤프(Sharp) 헤밍으로 내 패널이 1.0t 이상 될 경우나 단면 반경이 적은 경우에 부분적으로 사용되며, 뒷문(Rear Door)의 일부에 적용된다. (4)는 비드(Bead) 헤밍으로 공차 관리가 용이 하지만 제작 상의 어려움이 많아서 현재에는 거의 사용하지 않고 있다. (5)는 로우프(Rope) 헤밍이라 하고, 유럽의 수출 규격 때문에 사용하게 된 형식이다. 이 형식은 보닛의 끝단과 루프(Roof)의 끝단에 사용된다. 본 연구에서는 이중에서 일반적인 헤밍을 기준으로 기술하고자 한다. 헤밍은 Fig. 3과 같이 예비헤밍을 하고 Fig. 4에서의 같이 본 헤밍을 하는 2단계로 분리한다.

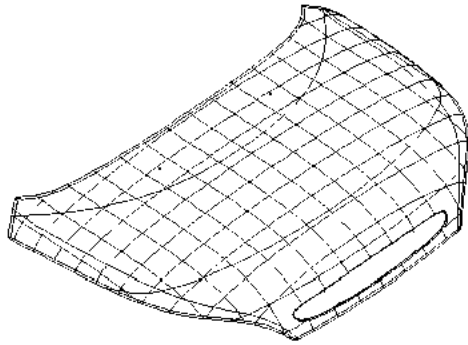


Fig. 1 Bonnet Panel Model

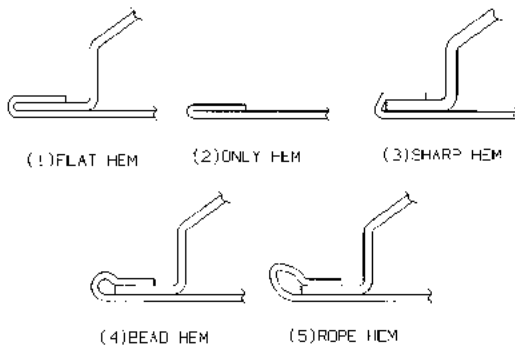


Fig. 2 Hemming Type

2.1 예비 헤밍의 메카니즘

헤밍은 플랜지(Flange)가 있는 외 패넬의 내측에 내 패넬을 넣고 외 패넬의 플랜지를 접은 후, 플랜지부에 압력을 가해 내 패넬과 외 패넬을 결합한다. 이렇게 플랜지부가 성형되는 과정에서 외곽라인위치 "L"이 변화를 하는데, 압착 전 예비 헤밍 단계의 변화와 압착시의 변화로 구분 할 수 있다.

패넬이 성형되어 벤딩(Bending)이 되면서 플랜지라인은 제품 내 측으로 밀려들어간다. Fig. 3는 벤딩 중심선의 변화를 나타낸 것으로, 플랜지부의 반경 끝점 a는 벤딩 중심선의 변화를 나타내고 있다. 플랜지부의 반경 끝점 a는 벤딩이 진행됨에 따라 점차 a'로 이동한다. 즉 코너 반경의 끝점 a가 a'만큼 길어졌다.

이 과정에서 형상 부족 또는 플랜지의 평균구간에서 aa'만큼이 유입된다. 만일 형상부 측과 플랜지부가 단순한 평면이라면 양측으로의 벤딩 조건이 같아질 것이고, 패넬이 밀려들어오는 양도 같아질 것이다. 식(1)은 벤딩시 최초 중심선 a가 a'으로 밀려들어오는 크기를 나타낸 식이다.

$$\Delta L_1 = \frac{\pi \cdot R \cdot \theta}{4 \cdot 90^\circ} \quad (1)$$

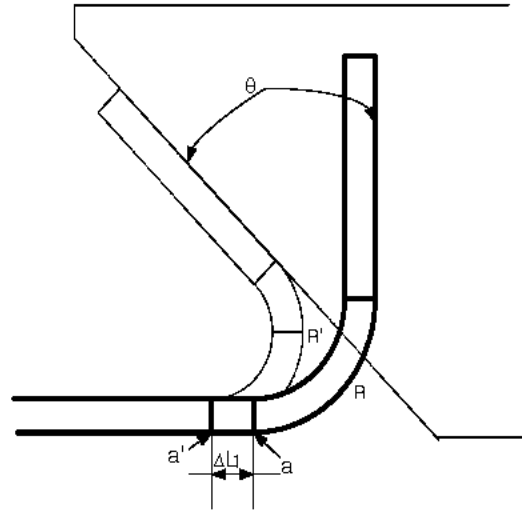


Fig. 3 A change of pre-hemming radius

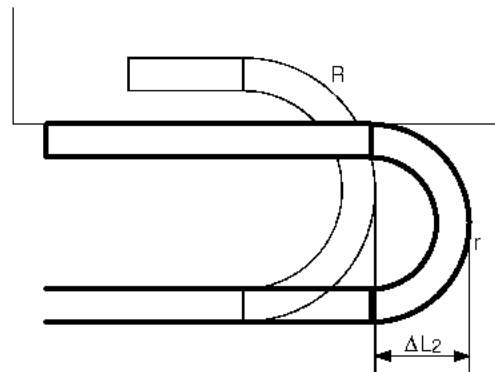


Fig. 4 A change of main-hemming radius

위의 이론식은 형상 및 헤밍 라인이 단순한 경우에는 일치하지만 헤밍 라인이 굴곡을 가지고, 형상이 복잡한 경우에는 형상부측 강성이 플랜지부측의 강성보다 강하기 때문에 밀려들어가는 양이 적어진다. 즉 도어의 카 라인(Car Line)부, 코너(Corner)부 등은 형상부측의 강성이 강하기 때문에 밀려들어오는 양도 적어진다. 이와 관련하여 본 헤밍의 압착에 따른 반경이 변화함에 따라 라인 변화량을 계산 할 수 있다.

Fig. 4에서 라인변화량 ΔL_2 는 로 계산 할 수 있다.

$$\Delta L_2 = \frac{\pi R - \pi r}{2} + r - R \quad (2)$$

실제 시 계산에 이용되는 예비 헤밍력 식은 통상 경험치는 $P_b = 1.3 \sim 3.0 \text{ kg/mm}^2$ 가 필요하다.

$$P_b = \frac{1}{12} \sigma L t \quad (3)$$

3. 헤밍의 레이아웃 설계

3.1 헤밍 라인 설계

아웃 패넬의 외곽 헤밍 라인의 데이텀 곡선을 추출한다. 각각 직선의 구간에 해당하는 예비 헤밍 편치라인의 구간을 설정한다. 예비헤밍의 편치의 구간을 정할 때는 각각의 편치 작동방향과 겹치치 않도록 설정한다. 따라서 링크의 개수는 예비헤밍 편치의 길이에 따라 정해지며 또한 모서리의 구조 및 방향에 따라 링크의 개수가 정해진다.

Fig. 5는 예제로 선택된 보닛의 헤밍 레이아웃으로서 각각의 예비헤밍 구간과 링크의 배치 및 링크 개수 그리고 단면의 최소 링크까지의 거리 점에서의 단면을 표시하고 있다. 이 정보로 2절 링크와 4절 링크를 선택할 수 있으며 동시가공 부분과 순차적으로 가공되어야할 부분을 알 수 있다.

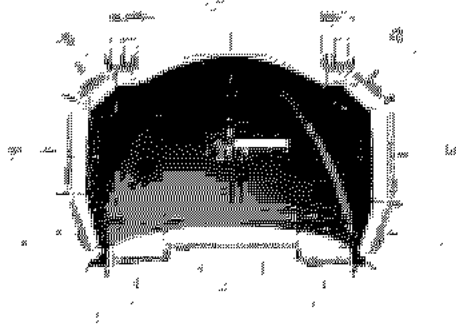


Fig. 5 Hemming lay-out

3.2 프로그램

헤밍라인과 외 패넬의 형상 데이터를 이용하여 링크의 방향과 개수를 정하는데 이것을 설정하기 전에 먼저 링크의 타이밍을 선정하기위해서 링크가 배치될 모든 부분에 대해 형상 데이터로부터 단면을 절단하여 각각의 예상되는 예비헤밍 각도와 각 구간의 헤밍 타이밍을 정하도록 한다.

단면에서 얻어진 플랜지 각도의 정보에 따라 예비헤밍량이 결정되며, 외 패넬이 좌우 대칭이면서 상하는 대칭이 아니므로 링크의 작동 타이밍은 코너를 제외한 전 구간이 동시가공을 시작하고 그런 다음 네 곳의 코너 가공을 시작하도록 구성한다.

Fig. 6에서 외 패넬 모델링 데이터와 헤밍라인으로부터 각각의 방향 N1,N2,N3은 북쪽방향, S1,S2,S3은 남쪽방향 등으로 방위를 표시했으며 코너에 해당되는 부분은 NW,SW,SE,NE로 표기하여 구분하도록 했다. Fig. 5에서 평면도에 표기되는 단면표시부분이 각각의 링크의 배치에 해당되며, 칼라 부분이 예비헤밍에 해당된다. 이 평면에 표기되는 각 방위의 링크배치는 링크와 예비헤밍의 단면 Fig. 7로 정보가

전달되고 각각 모든 위치의 링크 단면은 Fig. 8과 같이 배치가 된다. 또한 이 정보는 모두 Fig. 9에 보내져 표현 되도록 하여 컨트롤 박스에 의해 간접이나 타이밍 조절을 하는 구조로 프로그램 되어 있다.

Fig. 8은 각 단면 및 구간의 링크의 작동 타이밍을 나타내고 있으며, 선택된 링크의 작동 순서와 작동조건들을 나타낸다.

Fig. 9는 컨트롤 박스로서 링크를 선택하고 구간의 필요한 링크개수를 선택 할 수 있고 모든 정보를 그래프로 보여주며 가공 시점을 일치 시키거나 간섭이 발생할 부분에 대한 사전 정보를 한번에 볼 수 있도록 구성되어 있다.

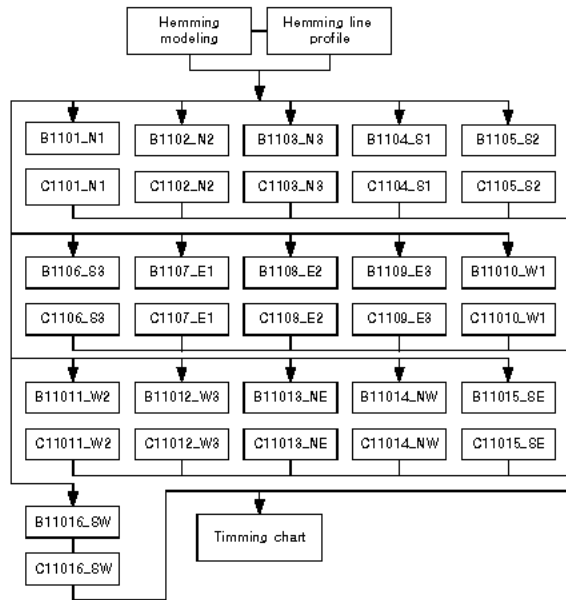


Fig. 6 Flow chart for program

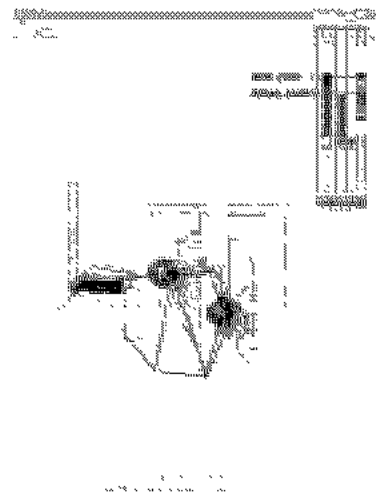


Fig. 7 Diagram of N1 link

3.2.1 링크타이밍 조건

단면으로부터 헤밍라인 끝 점이 얻어지고 이 점은 링크의 작동과 위치의 기준이 된다. 링크는 펀치



Fig. 8 Timing chart of each link

가 수직으로 1행정 움직이는 동안 플러는 2회 좌우로 움직이게 된다. 즉 내려올 때 한번 올라갈 때 한번 움직인다. 이때의 타이밍 선도는 펀치와 플러, 예비헤밍 펀치와 본헤밍펀치 그리고 패드의 서로의 관계가 형성된다. 이 관계를 정의하는 목적은 링크의 개수 및 위치 그리고 링크작동의 간섭을 정의할 수 있다. 링크의 작동은 1)~9)까지의 과정을 반복 작동한다.

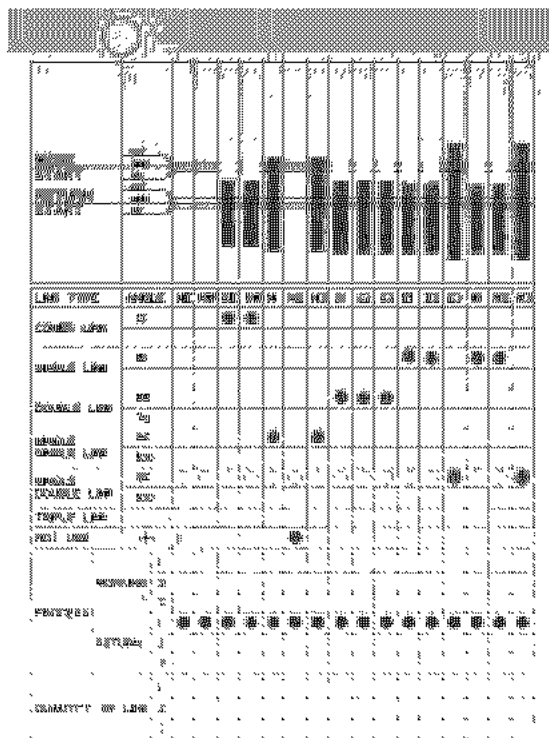


Fig. 9 Control box of the timing chart

- 1) Guide Post 삽입개시
- 2) Pad 접촉
- 3) 예비 헤밍 펀치 작동개시:F
- 4) 예비 헤밍 가공개시
- 5) 예비 헤밍 가공 완료

- 6) 예비 헤밍 펀치 Return 개시
- 7) 예비 헤밍 펀치 Return 완료
- 8) 본 헤밍 개시
- 9) 본 헤밍 완료:A

4. 결론

헤밍금형의 자동설계를 하기 위한 기본적인 타이밍선도의 작성 및 링크 배치 자동설계를 완성 하였다. 앞으로 이 결과를 기준으로 전체 헤밍 금형 자동설계를 완성할 것이다. 결론으로 헤밍 금형의 링크 배치 및 타이밍 선도의 자동설계를 완성하였다. 현재의 수작업 2차원설계는 타이밍 선도 및 링크 배치에 약 5일정도(8시간기준)시간이 소요되며 본 시스템을 사용하면 4~5시간 정도의 시간이 소요된다. (헤밍 설계 경력 5년 기준) 그러나 문제점은 설계자가 프로그래머를 잘 사용할 수 있어야 하며 프로그램에 대해 잘 이해를 해야만 사용할 수 있는 단점도 있으며 향후 개선해 나가겠다.

후기

본 논문은 2004년 중소기업기술혁신개발사업의 일부분이며 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 정효상, 최상훈, "Hemming Die의 설계 및 제작", '96 추계학술대회논문집, pp542~547, 1996
2. 정효상, 이성수, "자동차 BONNET 헤밍금형의 설계 및 제작에 관한연구", 건국기술연구논문지, 제26집, pp. 191~203, 2001
3. 정효상, 이성수, "3D Lay-Out를 이용한 보닛 드로잉 금형 설계 지원 시스템," 한국공작기계학회 춘계학술대회, 2001.
4. 정효상, 이성수, "3D CAD/CAM을 이용한 보닛 금형 설계," 한국CAD/CAM학회 학술 발표회, 2000.
5. 정효상, 이성수, "자동차용 리어프레임의 3차원 금형설계에 관한 연구," 한국공작기계학회 추계학술대회, 2000.
6. 정효상, 이성수, "관계식을 이용한 본넷 금형설계 지원 시스템," 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제7권 제4호, 2002.
7. 정효상, 이성수, "자동차 프레스 금형 자동설계 지원 시스템," 한국정밀공학회지, 제19권 제 8호, 2002.
8. 정효상, "자동차 보닛금형의 자동설계 지원 시스템에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제21권 제 5호, 2004.