

판재성형을 위한 블랭크 최적 배치 알고리즘 개발

오진용* · 오수익** · 김상주*** · 임지열*** · 이종문***

Development of Blank Optimal Nesting Algorithm for Sheet Forming

J. Y. Oh, S. I. Oh, S. J. Kim, J. Y. Rhim and J. M. Lee

Abstract

In sheet metal forming process, it is very important to nest blanks optimally to get a maximum utilization ratio(UR) to reduce waste of material. Optimal Blank Nesting algorithm is developed about single nesting, double nesting, fixed slitting width and free slitting width. This algorithm was applied to various practical blanks which are under production. Then new optimal nesting configuration was obtained and higher UR was achieved by this program in each cases.

Key Words : Nesting, Sheet Metal Forming, Blank Design, Utilization Ratio, Optimum

1. 서 론

우리 나라 기계 산업에 있어서 자동차 산업이 차지하는 비중은 나날이 늘어가고 있으며, 세계 각국은 21세기의 주도권을 잡기 위해서 기술 혁신과 원가 절감을 통한 경쟁력 확보를 위하여 매진하고 있다. 따라서 우리 나라의 자동차 산업도 공정 개선과 신기술 개발 등을 통하여 성능이 우수하며 가격 경쟁력이 있는 제품을 생산하기 위한 노력이 필요한 실정이다.

자동차 산업에 있어서 원가가 차지하는 비중은 상당히 크다. 특히 대부분의 부품은 스탬핑 공정에 의하여 생산되고 있는데, 스탬핑 공정에서 코일로부터 블랭크 형상을 얻을 때에 블랭크를 어떻게 배치하느냐에 따라 소재의 수율에 큰 영향을 미치게 된다. 블랭크의 배치는 그동안 경험이 많은 숙련자에 의하여 행해져왔는데, 최적

의 수율이라는 보장이 없으며 그 결과를 이용하여 CAD system에 다시 입력하여야하는 번거로움이 있다.

따라서 우리 나라 자동차 산업의 경쟁력 향상을 위하여, 국내 실정에 잘 부합하면서 성능이 우수하며 CAD system과의 연계가 뛰어난 블랭크 최적 배치 소프트웨어의 개발이 필요하다.

2. 이 론

2.1 최적 배치 설계 인자

블랭크의 최적 배치에 있어서 다음과 같은 설계 인자들이 고려되었다.

(가) 입력 (INPUT)

(1) 블랭크 형상(blank geometry)

블랭킹 할 형상으로써 윤곽을 따라가는 ①점들 ②선분

* 서울대학교 정밀기계설계공동연구소

** 서울대학교 기계항공공학부

*** (주) 성철사

-호 ③다중 선분 ④스플라인 등으로 입력된다. 입력 방향은 시계 방향/반시계 방향 어느 것이든 가능하다.

(2) 슬리팅 폭(slitting width)

블랭킹(blanking)할 소재의 폭을 의미한다. 이 값은 제한 배치의 경우에는 입력으로 들어가고, 자유 배치의 경우에는 결과 값으로써 출력 된다.

(3) 마진(margin)

슬리팅 된 코일의 아래 위에 존재하는 여유 폭으로써 코일을 이송하기 위해 필요하다.

(4) 브릿지 길이(bridge length)

블랭킹 시에 블랭크 간에 간섭이 생기지 않도록 블랭크 사이에 두는 여유 거리이다. 보통 소재 두께의 1.5배 정도가 적당하다.

(5) 전단력(shearing force)

소재를 절단하는데 드는 힘으로써 단위 면적(mm²)당의 힘(Kg.f)으로써 입력된다.

(6) 소재 두께(material thickness)

소재의 두께로써 전단력 예측에 사용되며 브릿지 길이를 정하는데 고려된다.

(나) 출력 (OUTPUT)

(1) 블랭크 면적(blank area)

입력받은 형상의 면적이다. 면적은 도심으로부터 둘레 점(외부 경계 점, boundary point)들에 이르는 삼각형들의 면적의 합으로 정의된다.

(2) 둘레 길이(boundary length)

입력받은 형상의 바깥 둘레 길이이다. 경계 선분들의 거리의 합으로 정의된다.

(3) 피치 거리(pitch distance)

블랭킹 시에 다음 블랭킹을 위해서 코일을 이송해야 하는 거리이다.

(4) 회전각(optimal rotation angle)

입력받은 형상을 얼마만큼 회전하여 배치하는가 하는 각도이다. 수동 배치 시에는 회전각은 입력으로 사용되고, 최적 배치 시에는 프로그램의 수행 결과로 얻어지는 출력 값이 된다.

(5) 수율(utilization rate)

소재의 면적에 대한 블랭크의 면적의 비로써 이것을 가장 최대로 하는 회전각(그리고, 자유 배치 시에는 슬리팅 폭까지)을 찾는 것이 이 프로그램의 궁극적인 목적이 된다. 이것은 다음과 같이 정의된다.

- 단열 배치

$$\text{수율}(\%) = (\text{블랭크 면적}) \div (\text{단위 면적}) \times 100 \quad (2.1)$$

- 복열 배치

$$\text{수율}(\%) = (2 \times \text{블랭크 면적}) \div (\text{단위 면적}) \times 100 \quad (2.2)$$

여기서, (단위 면적, Unit Area)은 (슬리팅 폭×피치 거리를 의미한다.

(6) 두 번째 블랭크 형상(second blank shape)

복열 배치 시에 첫 번째 블랭크와 두 번째 블랭크 형상의 상관 관계로써 ①동일(Identical) ②X축 대칭(Mirror X) ③Y축 대칭(Mirror Y) ④원점 대칭(Mirror XY) ⑤모두 해보기(ALL, ①②③④의 모든 경우에 대해서 수율을 계산 해보고 가장 최적의 경우를 찾음)등을 선택 할 수 있다. ①~④의 경우에는 입력 값으로 사용되고, ⑤의 경우에는 출력 값으로써 구해진다.

(7) 전단력(shearing force)

블랭킹에 필요한 프레스 용량으로써 단열 배치에 대해서 다음과 같이 정의된다. 복열인 경우는 그 2배가 된다.

- 단열 배치

$$\text{성형하중}(\text{ton}) = (\text{둘레 길이, mm}) \times (\text{소재 두께, mm}) \times (\text{전단강도, kgf/mm}^2) \div 1000(\text{ton/kgf}) \quad (2.3)$$

2.2 연구 내용

(가) 기본 알고리즘

(1) 최단 거리

이 프로그램에서 가장 핵심적인 부분이 바로 블랭크 사이에 원하는 만큼의 브릿지를 두기 위해서 최단 거리를 계산하는 루틴이다.

최단 거리를 구하기 위해서는 입력된 점과 점 사이의 거리, 한 쪽 점과 다른 한 번 사이의 수직거리, X 방향으로의 거리 등을 계산하여 가장 작은 값을 최단 거리로 정의하였다.(Fig. 1 참고) 이때 계산의 효율성을 위하여 블랭크가 서로 마주보고 있는 부분에 있는 점들만을 따로 저장하여 그 점들과 그 사이 선분에 대해서만 최단 거리 계산을 수행하였다.



(a) Pt to Pt (b) Pt to Line (c) X-direction distance

Fig. 1 Find short distance

(2) 거리 보정

최단 거리가 구해지면, 최단 거리와 브릿지와의 차에 대하여 최단 거리 벡터의 단위 벡터의 X 방향 성분으로 보정을 해주는 방법으로 입력된 브릿지 길이를 유지하는

블랭크 위치를 찾게 된다(Fig. 2 참고). 적용 결과 10회 이내의 반복 계산으로 정확한 위치를 찾을 수 있었다.

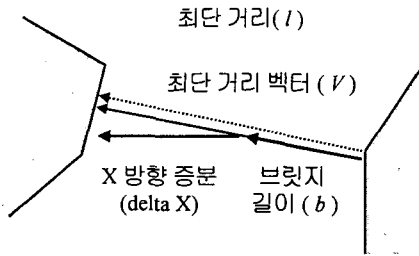


Fig. 2 Adjustment of distance

(나) 최적 배치 알고리즘

(1) 단열 배치

단열 배치는 동일한 형상의 블랭크를 연속적으로 일렬로 배치하는 것이다. 앞에서 언급한 기본 알고리즘을 적용하여 피치를 결정함으로써 단열 배치를 수행한다.

단열 자유 배치에서는 회전한 블랭크의 높이에 2*마진을 더한 것이 슬리팅 폭이 된다. 단열 제한 배치에서는 입력받은 슬리팅 폭에서 2*마진을 뺀 값보다 회전한 블랭크의 높이가 높으면 그러한 배치는 불가능하므로 수율은 0으로 간주한다.

(2) 복열 배치

복열 배치는 수율을 높이기 위하여 4가지의 서로 다른 두 번째 블랭크를 사용하여 2 열로 배치하는 것이다. 이때 두 번째 블랭크를 생성하는 방법은 ①동일(Identical) ②X축 대칭(Mirror X) ③Y축 대칭(Mirror Y) ④원점 대칭(Mirror XY) 등이 있다.

복열 제한 배치는 일정 각도로 회전한 첫 번째 블랭크를 슬리팅 폭 아래쪽에 놓고 그 다음 주어진 슬리팅 폭을 가득 채우도록 두 번째 블랭크를 위쪽으로 붙여 놓아 배치를 한다. 세 번째 블랭크는 첫 번째 블랭크와 같은 형상으로 배치하되, 첫 번째와 두 번째 블랭크 모두와 최단 거리 계산을 수행함으로써 세 번째 블랭크의 피치를 결정한다.

복열 자유 배치는 슬리팅 폭을 일정 범위 안에서 바뀌가면서 복열 제한 배치를 해 봄으로써 최대 수율을 갖는 슬리팅 폭과 회전각을 찾는다. 이때 Fig. 3에서 보인 것과 같이, 같은 회전각일 경우에 슬리팅 폭과 단위 면적(=슬리팅 폭×피치 거리)과의 관계가 블랭크 형상의 복잡성에 따라 비선형적이므로 변화므로 최대 수율을 갖는(=최소 단위 면적을 갖는) 슬리팅 폭을 찾기가 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 국지최적해(local optimum solution)가 찾아지는 것을 방지하기 위하여 구간을 구간

의 넓이에 따라 12~20개 정도로 나누어서 최소값의 위치를 파악하고 그 값의 좌우 구간에 대하여 최적해를 찾는 방법인 Golden-Section Search Method를 적용하여 최적해 즉, 최대 수율을 얻는 슬리팅 폭을 결정하였다.

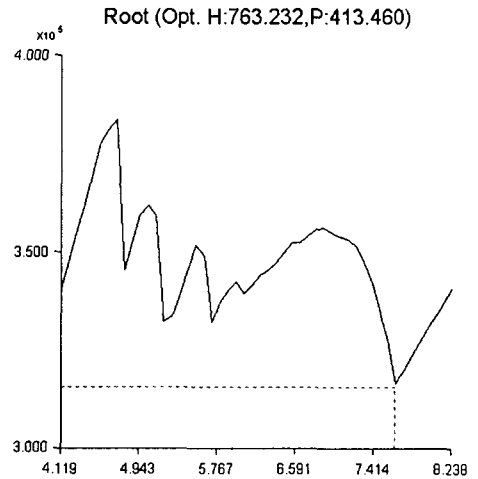


Fig. 3 An example of the relationship between UR and unit area

2.3 개발 내용

사용하기 편리하고 우리 나라 실정에 맞는 판재성형용 블랭크의 최적 배치 소프트웨어(AutoBlank)를 개발하였다.

개발된 AutoBlank는 다음과 같은 특징을 가진다.

- ▶정해진 코일폭에서의 단열 배치, 복열 배치 기능
- ▶단열/복열 배치시 최대의 수율을 얻는 코일폭 구하기
- ▶Golden Section Search 방법에 의한 최적해 구하기
- ▶물성치 정보 입 / 출력 기능
- ▶표준 Windows GUI에 기반을 둔 사용자 편의 환경
- ▶점데이터 TXT 파일 입력
- ▶AutoCAD/CATIA의 DXF format 입력
- ▶전단력 예측 기능
- ▶금형 사이즈 미리 보기 기능
- ▶최적 배치 결과를 NC code로 출력
- ▶결과 인쇄 기능 (실척, 축척, 배척)
- ▶보고서 자동 작성 기능

3. 적용 사례

본 연구에서 개발된 블랭크 최적 배치 소프트웨어(AutoBlank)의 성능 검증을 위하여 현장에서 사용되고

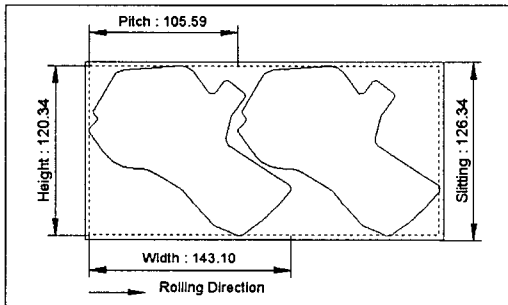
있는 후드 스테이(hood stay) 블랭크들에 대하여 적용하였다.

후드 스테이 블랭크의 형상은 선분-호(Line-Arc)의 형태로 AutoCAD에서 모델링 되었으며 DXF 포맷의 형태로 AutoBlank에 입력되었다. 소재는 SPCC(전단강도는 21.6 kgf/mm²)로 입력하였으며, 마진은 3mm, 브릿지는 3mm, 소재 두께는 0.8mm를 입력하였다. 최적 배치한 결과는 Table 1과 같다.

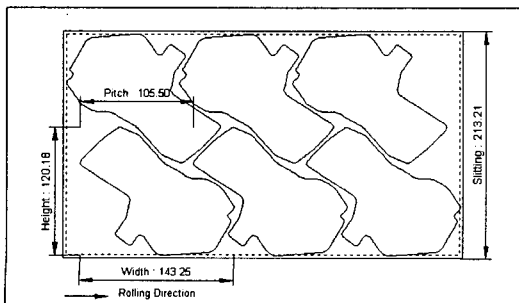
Table 1 Results of optimal nesting

	단열 자유 배치	복열 자유 배치	복열 제한 배치
코일 폭	126.22	213.21	200.0(입력)
피치	105.39	105.50	122.47
제품 수율	68.95%	81.54%	74.88%
회전 각	4.17°	184.22°	189.08°
성형 하중	7.55ton	15.1ton	15.1ton
두 번째 블랭크	-	MIRROR_XY	MIRROR_XY

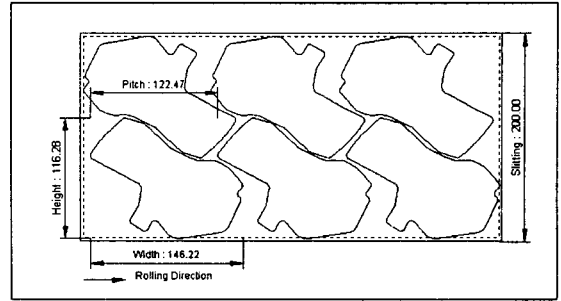
결과를 살펴보면 복열 배치한 경우 단열 배치의 경우보다 6%~13%정도의 수율 향상을 가져옴을 확인 할 수 있었다. 최적 배치한 형상과 수율 그래프는 Fig. 4에 나타내었다.



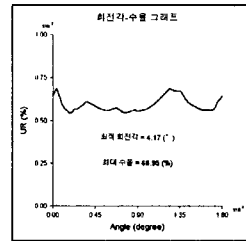
(a) Single row free nesting



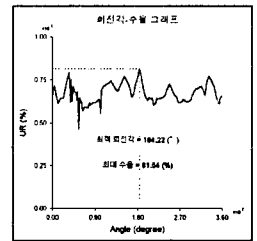
(b) Double row free nesting



(c) Double row fixed nesting



(d) UR graph of (a)



(e) UR graph of (b)

Fig. 4 Results of optimal nesting

4. 결론

본 연구를 통하여 사용하기 편리하고 성능이 우수하며 CAD 시스템과의 연계가 뛰어난 판재성형용 블랭크의 최적 배치 소프트웨어를 개발하였다. 이 소프트웨어를 현장에서 사용되고 있는 블랭크들에 적용하여 최대의 수율을 얻을 수 있는 코일 폭과 배치 방법을 결정하였다.

참고 문헌

- (1) Chow, W.W., 1979, "Nesting of a Single Shape on a Strip", Int. J. Prod. Res., Vol. 17, No. 4 pp. 305~322.
- (2) Albano, A. and Sapuppo, G., 1980, "Optimal Allocation of Two-dimensional Irregular Shapes Using Heuristic Methods", IEEE Trans. on Syst. Man & Cyber. Vol. SMC-10, No. 5 pp. 242~248.
- (3) 조경호, 1993, "판재부품의 가공 자동화를 위한 CAD/CAM 통합 시스템", 서울대학교 박사학위논문
- (4) 손봉균, 김영석, 1996, "불규칙한 형상의 박판제품의 최적배치 알고리즘 개발", 한국자동차공학회 추계학술대회