

판재의 돌기성형을 위한 공정 개발에 관한 연구

구훈서¹ · 민경호¹ · 서정민¹ · 노정훈¹ · 비스라¹ · 황병복[#]

Development of Multi-Action Die for the Forming Process of Serrated Sheets

H. S. Koo, K. H. Min, J. M. Seo, J. H. Noh, R. J. Vishara, B. B. Hwang

(Received November 28, 2007)

Abstract

This paper is concerned with the development of multi-action die or multiple sliding die for the forming process of serrated sheets. Serrated sheets is used as a toothed or serrated seal for securing together overlapping portions of steel or plastic strapping ligature and have been produced conventionally in several methods such as rolling and indentation. Recently, longitudinally oriented thermoplastic materials have been widely used in the strapping industry, while such materials are quite slippery. Provided projections on a seal biting into the strap should overcome the slipperiness and also the tooth configuration must be closely controlled to avoid too much transverse penetration of the strap which could result in the shredding of the strap when it is placed under tension. The seal includes a central portion with a plurality of teeth which bite into one strap portion and a pair of reversely bent legs with a plurality of teeth which bite into the other strap portion. Forming processes applicable for serrated sheets have reviewed in qualitative sense to find possibility in terms of applicability of one of existing processes to the serrated sheet forming process. Existing seal products have been analyzed with enlarged picture of strap contacting surface of the seal by microscope. Based on the analyses of the existing forming processes and seal products, a new forming process is proposed for serrated sheets. The proposed process requires a multi-slide die which enables inclined indentation or cut-in into the seal material as well as scratching processes sequentially in a single action press.

Key Words : Serrated Sheets, Toothed Seal, Multi-slide Die, Strapping Ligature, Inclined Indentation, Single Action Press

1. 서 론

전통적으로 철강제품, 특히 코일을 묶음 포장하는데 사용되는 밴드는 주로 철 띠(steel ligature)가 사용되어 왔다. 이러한 철 띠는 연강(mild steel)으로 만들어지기 때문에 씬(seal)의 내측에 미끄럼 방지용으로 성형된 돌기(serration or tooth)가 아주 날카롭지 않더라도 철 띠의 마찰력이 크고 씬에 의한 체결 시에 변형이 되므로 어느 정도의 기계

적 결속력(mechanical interlocking)이 발생한다. 하지만 철 띠는 공기 중에서 쉽게 산화(oxidation) 또는 부식(corrosion)되어 제품 특히 철강제품에 손상을 입히는 경우가 종종 발생하기도 하며 심하게 부식되었을 경우 철 띠 자체가 끊어지는 현상도 발생한다.

철 띠를 사용한 묶음체결 시 발생하는 이러한 문제점을 방지하기 위하여 최근 들어 열가소성 재료(thermoplastic material)로 만든 띠가 점차 포장

1. 인하대학교 대학원 기계공학과
교신저자: 인하대학교 기계공학과,
E-mail: bbhwang@inha.ac.kr

용 띠를 생산하는 업체 및 사용업체에서 생산 및 사용이 늘어나는 추세다. 하지만 이러한 재료들은 철 띠를 사용할 때 발생하는 부식에 의한 제품 및 띠의 손상을 피할 수는 있지만 재료 자체가 미끄러지기 때문에 씬이 체결된 후 띠가 인장을 받을 시 돌기가 충분히 날카롭지 못하면 끈이 미끄러져 풀릴 수 있다[1]. 또한 열가소성 재료로 만든 띠를 씬을 사용하여 체결할 때 가장 심각한 문제는 돌기의 수가 너무 많은 씬을 사용하면 체결 후 띠가 미끄러져 풀리는 문제는 해결되지만 돌기에 의하여 띠에 형성된 구멍이 너무 많이 발생되어 띠의 유효면적(effective area)이 심하게 적어지기 때문에 인장 시에 띠 자체가 부서져 끊어질 위험이 있다.

본 논문은 씬의 내면에 미끄럼 방지용으로 성형하는 돌기의 성형공정에 관한 것으로 판재의 표면에 성공적으로 예리한 돌기성형을 하기 위한 급형의 개발을 목적으로 한다. 연구방법으로는 첫째, 열가소성 띠를 사용할 때의 문제점을 분석하고 기존의 철 띠를 사용할 때와 역학적인 측면에서 비교한다. 둘째, 기존의 공정들을 분석하여 판재의 돌기성형에 적용이 가능한가를 정성적으로 분석한다. 셋째, 기존 씬 제품의 현미경 확대사진을 분석하여 문제점을 정리하고 새로운 공정을 제시한다. 넷째, 제시된 새로운 공정에 적용될 시작용 복동급형을 설계/제작하고 진흙을 모델재료로 사용하여 제작된 시작급형으로 간단한 실험을 수행하여 제시된 공정의 적용 가능성을 검증한다

2. 씬 및 띠의 특성

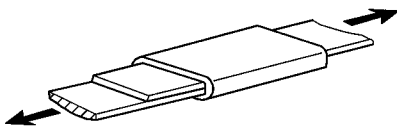


Fig. 1 Schematic of the seal in closed relationship about a pair of strap portions

포장용 띠의 체결을 위한 씬의 내면에 미끄럼 방지용 돌기에 관한 명확한 설계기준이 확립되어 있는 것은 아니지만 일반적으로 플라스틱 띠를 사용할 때 씬의 적용되는 기준은 다음과 같다[1]. 일반적으로 씬의 재료로는 두께가 0.8mm 에서 1.0mm 사이의 냉연압연(SPC1 중) 박판을 사용한다. 두께가 0.8mm 이하의 재료는 적당한 높이의

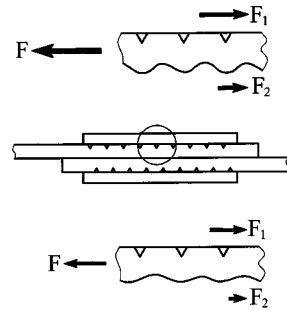


Fig. 2 Schematics of free body diagram for different ligature materials under tension after sealing : steel(top) and thermo-plastic ligature(bottom)

돌기를 성형하기가 어려우며, 씬 자체의 강성도 매우 낮아진다. 또한, 두께가 1.0mm 이상의 재료는 원하는 높이의 돌기를 성형하기는 쉬우나 소재가 낭비되는 측면이 있고 씬의 강성이 커서 굽힘에 의한 체결시 큰 힘이 필요하여 편의성이 떨어진다. Fig. 1 에 포장용 띠를 씬을 사용하여 띠를 체결한 모습이 나와있다.

씬(seal) 재료의 두께가 어쩔 수 없이 내면의 돌기 높이는 0.35mm 이상이 되어야 하고 돌기가 충분히 예리하여야 열가소성 띠를 사용하여 묶음 포장을 성공적으로 할 수 있다[1~2]. 다시 말해서 원소재인 박판의 두께에 비하여 돌기의 높이가 매우 높게 성형되어야 한다. 즉, 두께 1.0mm 의 소재를 사용하여 씬 내면에 돌기를 성형할 때는 소재 두께의 35% 이상의 돌기 높이가 되어야 하고, 두께가 0.8mm 인 소재를 사용할 때는 소재 두께의 44% 이상의 돌기 높이가 필요하다. 표면의 마찰력이 큰 철 띠와 그렇지 못한 플라스틱 띠가 견딜 수 있는 인장 하중을 Fig. 2 에 표현하였다. 그림에서 플라스틱 재료의 띠는 씬과 띠 사이와 띠가 겹쳐진 부분에서의 마찰력이 철 띠를 사용했을 때 보다 현저히 작은 것을 보여준다.

일반적으로 씬의 내면의 돌기의 수는 약 300 여 개 내외가 4 개의 그룹으로 나뉘어져 있다. 성공적으로 적용할 수 있는 씬 내면의 돌기는 예를 들어 320 개의 돌기가 성형된 씬을 사용한다면 1 개의 그룹에 80 개의 돌기가 있으며, 각각의 그룹이 5 줄로 구성된다면 한 줄당 돌기의 수는 16 개가 된다(Fig. 3 참조)[1]. 돌기가 띠에 압입이 되면 띠의 유효단면적은 돌기의 투영면적만큼 줄어들게 된다. 예를 들어 돌기의 폭이 0.3mm 이고 돌기의 높이가 0.35mm 그리고 띠의 두께 및 폭이 각

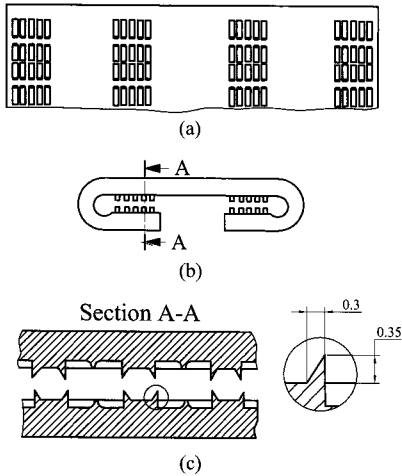


Fig. 3 Schematics of (a) strap engaging surface, (b) in fully closed position, and (c) cross-section along line A-A[1]

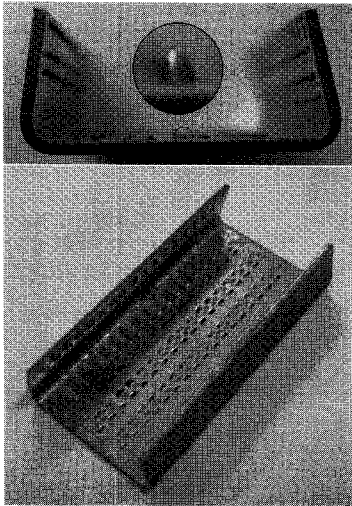


Fig. 4 Photograph of a commercial seal

각 1mm, 15mm 이면 띠의 유효단면적은 쉘의 체결 후 약 5% 정도가 감소하게 되며, 이 정도 유효단면적 감소를 한계치로 볼 수 있다. 쉘 제품의 사진이 돌기의 모습과 함께 Fig. 4 에 나와 있다.

3. 돌기성형이 가능한 공정의 분석

소성가공 공정에서 소재의 표면에 편치나 기타 공구를 사용하여 압력이나 충격을 가하여 편치 주변으로 돌출된 형상을 만들 수 있는 공정은 여

러 가지가 있다. 이렇게 돌출된 형상, 즉 돌기의 형성이 가능한 공정들은 널링(knurling)[3], 압입(indentation)[4], 롤링(rolling)[5], 엠보싱(embossing)[6], 그리고 코이닝(coining)[7] 등이 있다. 본 절에서는 이러한 공정들을 분석하여 박판을 모재로 하여 주어진 설계조건을 만족시키며 성공적으로 돌기를 성형할 수 있는가를 판단하고자 한다.

널링공정은 주로 공구의 손잡이 등에 미끄러짐을 방지하기 위하여 표면에 돌기 문양을 새겨 넣는데 사용된다. 이러한 널링에 의한 돌기는 치형이 예리하지 못하고 능선(ridge)의 형태로 연속적이어서 쉘 및 띠의 유효두께가 띠가 견딜 수 있는 인장력을 떨어뜨린다. 플라스틱 띠의 경우는 띠가 부서져(shredding) 끊어지는 경우도 발생할 수 있다. 이러한 이유로 널링은 쉘의 내면에 돌기를 성형하는 방법으로는 적당치 않다고 판단된다.

압입공정은 소재의 표면에 분화구(crater) 형태의 돌기 문양을 만든다. 이러한 돌기는 정상부가 넓게 퍼져 있어 날카롭지 못한 측면이 있다. 또한 압입깊이가 보통 소재두께의 40%로 이내로 제한 받고 있는 쉘의 소재인 두께 1.0mm 이하의 박판에서 비대칭 압입자를 사용하더라도 소재두께의 35% 높이로 돌기를 생성한다는 것은 매우 어렵기 때문에 부적절한 공정으로 판단된다.

엠보싱에 의한 돌기성형은 쉘의 소재두께가 약 3.0mm 이상이 되어야, 엠보싱 문양이 강성을 유지하며 철 띠를 체결할 수 있다. 따라서, 두께가 1.0mm 인 소재에 엠보싱에 의한 돌기는 돌기의 강성이 너무 약해서 철 및 플라스틱 띠의 체결용 쉘 내면의 돌기성형 공정으로는 부적절하다.

연속공정인 롤링에 의한 돌기성형은 성형률과 소재 사이에 상대적인 미끄러짐이 발생하도록 하여 돌기를 생성하는 것으로 일종의 절입(cut-in)과 같은 것이다. 돌기가 어느 정도 예리하고 박판에 충분한 높이의 돌기를 가공할 수 있으나 이어지는 굽힘(bending)과 절단(blanking) 등 단속공정으로 인하여 일괄적으로 공정을 수행할 수 없고, 또한, 공정이 연속적이지 않기 때문에 설비비용 및 유지/보수 등도 불리할 것으로 판단된다.

코이닝은 밀폐단조(closed die forging)의 일종으로 원하는 형상의 돌기를 성형할 수 있는 장점이 있다. 하지만 상당히 큰 가압력을 필요로 하기 때문에 정격하중(nominal load capacity)이 상당히 큰 프레스가 필요하다. 특히 두께가 얇을수록 더욱 큰 가압력이 필요하다. 이러한 이유로 코이닝도 쉘

내면의 돌기성형공정으로 부적절하다고 판단된다.

4. 기존 쉘 제품의 분석

현재 사용되는 쉘 제품의 생산에 직접적으로 응용되는 성형공정은 경사금형(inclined die)을 사용하는 방법, 롤링에 의한 방법, 비대칭 형상의 압입자를 사용하는 방법 등이 있다. 이상의 세 가지 방법에 의한 쉘 내면의 돌기형상을 현미경 사진을 통하여 다음과 같이 분석하였다.

첫째, 경사금형을 사용하는 방법은 국내 D 철강회사[8]에서 생산하고 있는 방법으로 금형제작 및 공정이 비교적 단순하나 생산된 쉘의 품질이 떨어지는 단점이 있다. 경사금형을 사용하였을 시 성형 후 판재가 이중으로 심하게 뒤틀리는 현상이 발생한다. 즉, 길이방향(axial direction)과 함께 횡방향(transverse direction)으로 이중의 만곡현상(camber)이 발생하여 돌기 성형 후 이어지는 굽힘 가공이 원활하지 못하게 된다. 또한, 성형된 돌기 자체도 날카롭지 못하고 돌기의 높이도 소재두께의 35% 이하이기 때문에 강철 띠의 체결에는 어느 정도 사용이 가능하지만 최근 들어 사용이 크게 증가하고 있는 플라스틱 띠에는 적용이 어렵다. 경사금형을 사용하여 쉘을 제조하는 공정 및 경사금형, 그리고 소재에 발생하는 만곡현상이 Fig. 5 에 도식적으로 나와 있다. 경사금형에 의한 돌기의 현미경 확대사진이 Fig. 6 에 나와있다. 그림에서 쉽게 볼 수 있는 것처럼 돌기의 형상이 전반적으로 예리하지 못함을 알 수 있으며, 돌기의 배열이 한쪽 방향으로 되어 있어 만곡현상이 발생하는 이유가 된다. 이러한 쉘 제품은 기존의 연한 재질인 철 띠를 체결하는 데는 띠 자체가 변형을 하고 마찰력이 크기 때문에 기계적 결속이 쉽게 되어 사용하는 데는 무리가 없으나 보다 예리한 돌기를 필요로 하는 플라스틱 띠를 사용할 때는 결속력이 현저히 떨어져 사용할 수가 없다.

제조공정이 정확하게 알려지지 않는 않지만 롤링공정에 의해 생산될 것으로 추정되는 쉘 제품의 현미경 사진이 Fig. 7 에 나와 있다. 그림에 나타난 바와 같이 돌기의 높이가 충분하며 원추 형태로 비교적 예리해 보인다. 이러한 제품의 장점 중 하나로 돌기의 배열을 대칭구조로 하여 공정 중 발생할 수 있는 만곡현상을 방지할 수 있으며, 이러한 대칭 구조는 쉘을 압착체결 할 때 돌기가

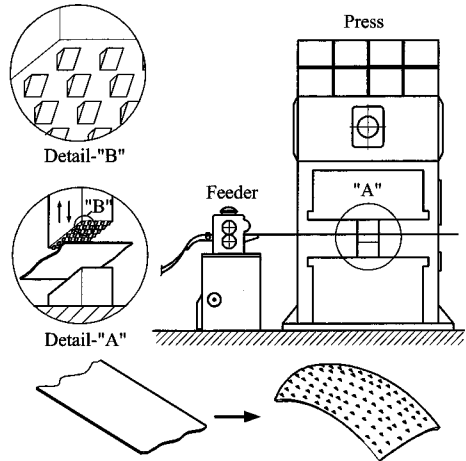


Fig. 5 Serrated sheet forming process using inclined die

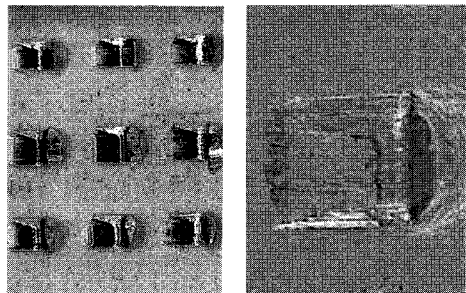


Fig. 6 Photograph of toothlike projections on the strap engaging surface by the process using inclined die

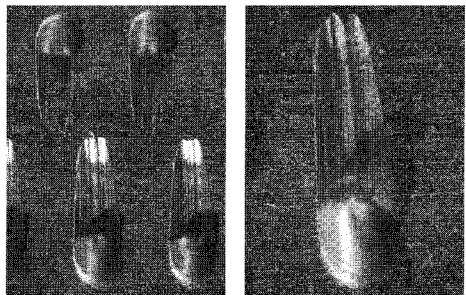


Fig. 7 Photograph of tooth like projections on the strap engaging surface by rolling process

한쪽 방향으로 정렬되어 있어 돌기 자체가 좌굴(buckling)이 일어나는 현상도 방지할 수 있다.

비대칭 압입자와 다단 또는 복동금형을 사용한 것으로 추정되는 쉘 제품의 돌기형상이 Fig. 8 에

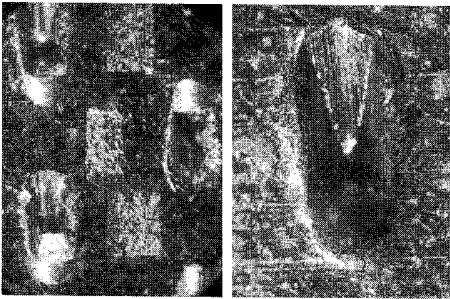


Fig. 8 Photograph of toothlike projections on the strap engaging surface by indentation

나와 있다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 돌기의 배열이 대칭구조로 되어 있어 만곡현상이 방지되는 것을 알 수 있으며, 돌기의 형상도 상당히 날카롭게 보인다. 그림에서 소재표면에 긁힘흔적 (scratch mark)이 보인다. 이러한 긁힘흔적으로 보아 비대칭 압입자를 사용하면서 수평방향으로 압입자를 밀어주는 구조로 된 다단 또는 복동금형 (multi-action die)을 사용한 것으로 추정된다.

5. 공정설계

5.1 기본구상

앞서 돌기성형이 가능한 여러 가지 공정들을 분석하였다. 이를 바탕으로 새로운 성형공정을 설계하기 위한 기준을 다음과 같이 정리하였다.

- (1) 두께가 1.0mm 이하의 소재를 사용한다.
- (2) 돌기높이는 소재두께의 35% 이상으로 한다.
- (3) 압입깊이는 소재두께의 40% 이하로 한다.
- (4) 만곡현상이 없어야 한다.
- (5) 유효두께가 거의 변하지 않아야 한다.
- (6) 돌기가 날카로워야 한다.
- (7) 유지/보수가 용이해야 한다.

이와 같은 기준을 만족시키기 위한 방법 중 프레스에 의한 가공으로 박판의 소재에 돌기를 성형하는 기존의 경사금형을 변형하는 것이 가장 현실적이라 판단되었다. 경사금형의 사용시 발생하는 두 가지 문제로 만곡현상과 충분한 돌기의 높이를 들 수 있다. 먼저 만곡현상은 펀치를 대칭구조로 설계하고 소재의 놀림이 최소화 되도록 하면 해결될 것으로 면 판단된다. 또한 제한된 압입깊이에서 돌기의 높이를 충분히 확보하기 위

Table 1 Qualitative comparison of different forming processes for serrated sheet

O: good, X: bad

	Rolling	Indentation	knurling	Embossing	Coining	Multi-action Tool
Sheet metal < 1.0 mm	○	×	×	×	×	○
Indentation Depth < 0.4 mm	○	×	×	×	○	○
Camber	○	○	○	○	○	○
Tooth sharpness	○	×	○	×	○	○
maintenance	×	○	○	○	○	○

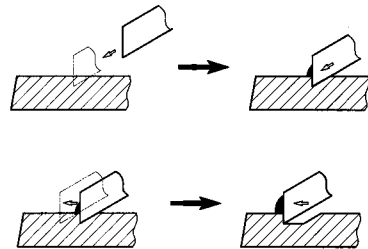


Fig. 9 Proposed process for serrated sheet; cut-in or inclined indentation(top) and scratching (bottom)

하여 긁기공정(scratching)을 추가하는 방법을 제안하기로 하였다. Table 1 에 각각의 공정이 제시된 설계기준을 만족하는가를 정성적으로 비교하였다. 표에서 O는 제시된 기준을 만족하는 경우이고 X는 만족하지 못하는 경우다.

본 연구에서 적용할 압입과 긁기 공정의 조합으로 새로운 공정을 설계하는데 고려할 점은 다음과 같다. 압입에 의한 놀림이 최소화되기 위하여 압입펀치가 소재표면에 직각이 아닌 일정한 경사각을 유지하며 소재의 일부를 절단/분리하는 방법을 채택하였다. 이러한 방법으로 모재에서 분리된 재료가 모재 표면과 평행한 방향으로 흐름으로서 돌기가 한쪽 방향으로 돌출되게 한다. 그러나 압입깊이가 제한된 상황에서 이러한 경사압입에 의해서 충분한 돌기의 높이를 확보하지는 못한다. 따라서 경사압입(inclined indentation) 또는 절입공정 후 이어지는 긁기 공정을 추가하여 돌

기의 높이를 원하는 만큼 확보하고자 한다.

제안된 두 공정이 하나의 금형에서 완료되기 위하여 프레스의 램(ram) 하강방향과 일치하지 않는 두 개의 방향으로 가공이 되어야 한다. 즉, 경사진 방향으로 압입 또는 절입이 완료된 후 순차적으로 긁기공정이 이어져야 한다. 따라서 두 가지 서로 다른 공정이 하나의 금형에서 완성되려면 두 개의 공정을 순차적으로 수행할 수 있는 복동금형이 필요하다. 이러한 금형을 설계하는 것이 본 연구의 중요한 부분이다. 제안된 공정이 Fig. 9에 도해되어 있다.

5.2 복동금형의 설계

일반적으로 상측 금형이 프레스의 램에 부착되어 하강하는 높이에 따라 성형제품의 외측 및 내측이 가공되는 복합금형(compound die)[9,10]과 복동금형[11,12]이 다른 점은 복동금형은 프레스의 하강 1 행정에서 두 가지 이상의 상이한 가공이 이루어 진다는 점이다. 즉, 복합금형은 두 가지 공정을 수행하는 금형을 내측과 외측에 별개로 조합한 것이 특징이며 복동금형은 금형 내부의 운동이 서로 다른 두 가지 이상으로 구성된다. 이러한 복동금형의 예로 단이 있는 부품을 가공하기 위한 Komatsu 복동금형[13]과 십자형상의 부품을 가공하기 위한 Glaezner 복동금형[14] 및 U-joint의 외측형상을 가공하기 위한 Toyota 복동금형[15] 등이 있다. 이러한 복동금형의 특징은 단동프레스(single acting press)에서 적절한 기구적인 장치를 금형에 도입함으로써 금형이 복합적인 운동을 한다는 점이다. 본 연구에서는 돌기성형을 위한 복동금형의 설계를 위하여 Toyota 복동금형에서 사용된 평면 경사캠[16]을 적용키로 하였다. 경사캠이란 경사면을 가지는 두 요소가 미끄럼 접촉운동을 함으로서 힘의 전달과 운동의 방향을 전환하는 기구를 말한다.

경사캠을 적용한 복동금형이 원활하게 작동하기 위하여 즉, 경사압입 후 수평 긁기로 정확하게 운동이 전환되기 위하여 미리 설정된 압입깊이가 확보된 후 더 이상 경사 압입 운동이 일어나지 않도록 하여야 한다. 경사압입 공정 초기에는 경사 편치가 부착된 경사슬라이더는 강력한 스프링에 의하여 지지되어 있는 수평슬라이더 사이에 일정한 간격을 유지한다. 압입 공정이 시작되면서 캠드라이버가 하강하면 경사슬라이더는 스프링에 의하여 수평방향으로 고정되어 있는 수

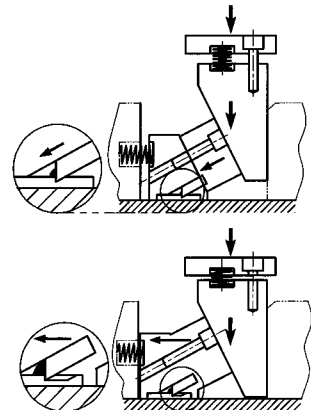


Fig.10 Schematics of inclined indentation(top) and scratching process(bottom)

평슬라이더와의 틈새 간격을 점점 좁히게 된다 (Fig. 10 상단 그림 참조). 미리 설정된 틈새 거리만큼 경사슬라이더가 이동이 되면 경사슬라이더와 수평슬라이더가 밀착이 되어 경사진 방향으로의 운동을 멈춘다. 이후 경사 및 수평슬라이더는 하나의 몸체가 되어 동작한다.

경사 압입 공정이 완료된 후 긁기 공정에서는 행정거리의 조절을 금형의 지지블럭과 수평슬라이더 사이의 틈새거리를 두어 조정하였다. 지지블럭과 수평슬라이더는 강력한 스프링으로 지지되어 있어 압입 공정이 진행되는 동안에는 수평슬라이더가 움직이지 않는다. 긁기 공정에서는 경사 및 수평슬라이더가 일체가 되어 수평방향으로 운동을 한다(Fig. 10 하단 그림 참조). 행정거리가 미리 설정된 틈새만큼 다다랐을 때 캠드라이버, 경사슬라이더, 수평슬라이더, 그리고 지지블럭은 모두 하나의 몸체가 되면서 공정이 완료된다.

5.3 금형의 제작

본 연구에서는 프레스에 장착되어 실험을 할 수 있는 금형과 실험의 편의성을 고려하여 레버를 이용한 수작업으로 캠드라이버를 작동할 수 있는 두 개의 금형을 별도로 제작하였다. 개발된 금형은 아래와 같은 구조를 갖는다.

첫째는 금형의 베드프레임과 스토퍼 블럭 또는 지지블럭에 관한 것이다. 하측 금형은 프레스에 고정/장착하기 위한 평판의 베드프레임을 두었다. 베드프레임의 좌측에 수평슬라이더가 성형이 완료된 후 기계적으로 멈출 수 있도록 스토퍼 블럭

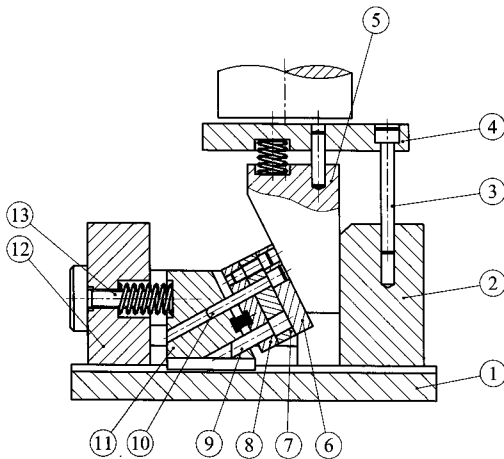


Fig.11 Section view of assembly for proposed die

을 장착하였다. 스톱퍼 블록의 내부에 홈을 내어 스프링을 장착하였고 이 스프링에 의하여 성형이 완료된 후 수평슬라이더가 초기위치로 복귀하게 된다. 스톱퍼 블록에 장착된 스프링은 복원력이 수평슬라이더 내에 장착되어 경사슬라이더를 받쳐주는 스프링 보다 강력한 것을 사용하였다.

둘째, 수평슬라이더는 3면 안내면을 갖는 구조로 금형의 몸체에 고정되어 수평 운동 만을 할 수 있게 장착하였다. 수평슬라이더의 내부에는 성형 펀치를 안내하는 안내면과 경사슬라이더의 안내면 그리고 성형 완료 후 경사슬라이더를 초기 상태로 복귀시키기 위한 스프링이 장착되어 있다. 수평슬라이더에 장착된 스프링은 스톱퍼 블록에 장착된 스프링 보다 복원력이 상대적으로 약한 것을 사용한다. 수평슬라이더와 경사슬라이더와의 간극이 펀치에 의한 압입깊이를 결정하게 된다.

셋째, 경사슬라이더는 수평슬라이더와 안내봉 (guide rod)을 매개로 연결되어 있다. 경사슬라이더에는 성형펀치를 고정하는 성형펀치고정판(punch holder)이 상판에 연결되어 하나의 몸체를 이루고 있으며 여기에 안내봉이 연결되어 수평슬라이더에 장착된 안내면과 연결되어 있다. 수평슬라이더와 경사슬라이더 사이의 간극은 스테이 볼트로 일정하게 유지되도록 하였다.

넷째, 캠드라이버는 상면에 프레스의 슬라이더와 접촉하는 스프링을 장착하고 있으며 후면에 상하로 움직일 수 있게 직선안내면(linear guide)를 설치하여 금형의 몸체에 장착하였다. 캠드라이버에 장착된 스프링은 프레스의 램을 통해 힘을 전

Table 2 Components of proposed die-set

No	Part Name	Materials
1	Base	SCM200
2	Block	SCM200
3	Guide Pin	SK-3
4	Top Plate	SCM200
5	Cam Driver	SCM200
6	Slide Plate	SCM200
7	Upper Punch Holder	SM45C
8	Lower Punch Holder	SM45C
9	Forming Punch	SM45C
10	Guide Pin	SK-3
11	Slide	SCM220
12	Block	SCM220
13	Hand Screw	SCM220

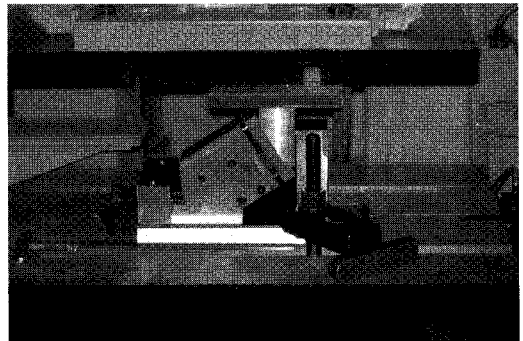


Fig.12 Photograph of proposed die

달하여야 하기 때문에 스톱퍼 블록에 장착된 스프링 보다 강력한 것을 사용하였다. 시작 금형의 조립단면도가 Fig. 11 에 나와있다. 조립도에 나타난 금형 각 부분의 부품을 설명하면 다음과 같다.

①번은 금형의 베이스로 금형의 제 요소들을 지지하는 역할과 시편을 고정시키는 부분이 있다. ②번은 캠드라이버를 수직방향으로 지지하는 블록으로 프레스 램이 ④번 부품과 ⑤번 부품을 접촉하며 하강할 때 안내면 역할을 한다. ③번은 캠드라이버와 프레스 램 사이를 연결하는 상판(top plate)을 지지하며 수직방향으로 안내하는 안내핀 (guide pin)이고 ④번은 상판으로 프레스 램과 직접 접촉하는 부품이다. ⑤번은 캠드라이버로 프레스 램에 의해 수직으로 하강하면서 경사진 부분이 ⑥번 부품과 상대적으로 미끄럼 운동을 하여 경

사 압입 운동을 하게 하는 부품이고, ⑥번은 미끄럼판(slide plate)으로 ⑤번 부품이 닿으면서 ⑦⑧번 부품에 장착한 성형펀치가 경사 방향으로 운동하게 한다. ⑦번과 ⑧번은 펀치고정구(punch holder) 역할을 하며 ⑨번은 성형펀치(forming punch)다. ⑩번은 안내핀(guide pin)으로 ⑤번과 ⑥번이 미끄러지면서 운동할 때 성형 펀치가 경사운동을 할 수 있도록 안내 역할을 한다. ⑪번은 수평슬라이더이며, ⑫번은 블록(block)으로 ⑪번 부품이 미끄럼운동을 정지시키기 위한 역할을 하며 ⑬번은 지지나사(screw)로 스프링을 지지하는 역할을 한다.

금형의 재료는 탄소강과 연강 MC 등이 사용되었고 Table 2 에 명세가 정리되어 있으며 Fig. 12 은 프레스에 장착된 금형의 사진이다.

5.4 실험

제작된 시작 금형의 효용성을 검증하기 위하여 간단한 실험을 수행하였다. 실제 실험에 사용된 모델 재료는 연강 재료와 유사한 특성을 나타내는 진흙으로 선정하였다. 본 연구에서는 돌기 성형의 공정개발이 주 목적이기 때문에 몇 차례의 간단한 실험만 수행하여 적용 가능성을 알아보았다. 실험에 사용된 진흙은 적절한 수분함유량이 되도록 하기 위하여 물에 갠 다음 24 시간 후에 실험을 수행하였다. 실험 금형에서의 펀치의 폭은 13.7mm로 하였다.

모델재료인 진흙을 사용하여 실험을 수행한 결과가 Fig. 13 에 나와 있다. 펀치의 경사각은 소재의 평면과 18°로 설정하였으며 펀치의 선단각은 소재의 평면과 직각이 되는 조건에서 실험을 수행하였다. 또한 압입깊이는 2.5mm로 하였으며 굽기행정(scratching stroke)은 5.0mm로 설정하였다. 실험의 재현성(repeatability)을 검증하기 위하여 같은 조건에서 3 번의 실험을 수행하였다. 돌기의 평균 높이는 3.96mm로 측정되었는데 이는 압입깊이 2.5mm를 소재 두께의 40%로 보았을 때 돌기의 높이가 소재 두께의 63% 정도로 매우 높게 성형되었다. 이는 돌기 높이의 기준 값인 소재 두께의 35% 보다 약 80% 이상 과도하게 성형된 것이다. 또한 돌기 폭은 약 6mm 내외로 측정되었다. 이러한 실험의 결과로 알 수 있는 것은 굽기 공정에 의하여 돌기의 높이를 확실하게 높일 수 있다는 점이다. 다만 본 실험에서는 굽기 행정거리가 너무 커서 돌기의 높이가 매우 높게 나온 것이다. 하지만 돌기의 높이는 굽기 행정거리를 적

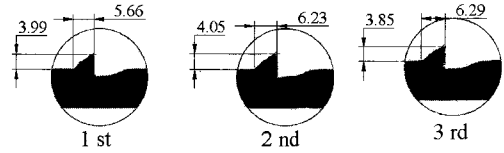


Fig.13 Specimen section view

절하게 조절함으로써 적당한 높이의 돌기를 성형할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 제품을 포장할 때 사용하는 띠를 묶는 썰의 내면에 미끄러짐을 방지하기 위한 돌기를 성형하는 새로운 공정을 제시하였다. 본 논문의 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 기존의 공정들과 기존의 썰 제품들을 정성적으로 분석하여 열가소성 띠를 사용하는 썰 제품의 돌기성형에 적용하기에는 부적절하다는 새로운 공정을 구상하였다.

(2) 새로운 공정은 경사압입과 굽기 공정을 순차적으로 수행하도록 하여 돌기의 높이를 원하는 만큼 확보할 수 있게 하였다.

(3) 프레스 램의 운동방향과 다른 두 가지 운동을 할 수 있는 복동금형을 설계하여 제작하였다. 개발 금형은 수평 및 경사슬라이더를 사용하여 경사압입 및 굽기 공정을 순차적으로 수행할 수 있도록 하였다.

(4) 모델재료를 사용하여 실험을 한 결과로 제시된 공정이 돌기를 성형하는데 매우 효과적이라 판단하였다.

후기

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] U. S. Patent, No. 3636592, 1972.
- [2] Private discussion.
- [3] K. Nakazima, T. Kikuma, T. Hasuka, 1968, Study on the formability of steel sheet, Yawata Technical Report Nr. 284, pp. 140~141.

- [4] K. Yamaguchi, R. C. Sagrado, N. Takakura, T. Iizuka, 1989, A simple method for strengthening and decorating of sheet metals, in: Proceedings of the 22nd IDDRG Biennial Congress, pp. 9~18.
- [5] Beong Bok Hwang, 1999, A Process Sequence Design on the Forming Process of Disk-Brake Piston, Metals and Materials Int., Vol.5, No.1, pp. 85~92.
- [6] K. Yamaguchi, N. Takakura, M. Fukuda, 1987, FEM simulation of surface roughening and its effect on forming limit in stretching of aluminium sheets, in: Proceedings of the Second International Conference on Technology of Plasticity, pp. 267~1274.
- [7] H. H. Choi, S. K. Byun, B. S. Kang, 1997, Process Design in Coining by Three-Dimensional Backward Tracing Scheme of Rigid-Plastic Finite Element Method, KSTP, Vol. 6, No. 5, pp. 408~415.
- [8] DAE-DONG STEEL, Co. LTD, MANUAL, 2006.
- [9] Forejt, M. , 1991, On optimization of service life of compound dies and method of their design. Habilitationthesis. Technical University of Bmo(in Czech).
- [10] T. Y. Chang, A. F. Saleeb, S. C. Shyu, 1987, Finite element solution of two dimensional contact problem based on a consistent mixed formulation., Comp. Struct. 27, pp.455~466.
- [11] Y. Taura, et al., 1984, Precise Forming with a Multi-Action Press, Proc. of Adv. Tech. of Plasticity Conf., Tokyo, Japan, Vol. 1, pp. 477~482.
- [12] K. Mettle, of Etablissement Supervis, 1981, Method and Apparatus for Producing a Workpiece by Extrusion Molding, U.S. Patent #4274276, June 23.
- [13] C. Vrats, Y. Suzuki, of Kabushiki Kaisha Komatsu Seisakusho, 1987, Die Assembly for Use in General Type Mechanical Press Machine, U. S. Patent #4653310, March 31.
- [14] M. Orain, of Glaezner Spicer, 1975, U. S. Patent #3908403, September 30.
- [15] S. Ikeda, et al. of Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, 1986, Outerrace of Universal Joint with Cross Grooves, U.S. Patent #4601191, July 22.
- [16] S. H. Kim, Y. H. Han, S. H. Lee, 1987, Manual of Press Molding Design, DAEKWANG Publishing, pp. 465~477.