형상난이도에 따른 이형인발가능형상 분류

The Classification of Available Shaped Drawing Profile According to The Degree of Difficulty of Shape

*이재은 [1], 이태규 [1], 이상곤 [2] #김병민 [3]
*J. E. Lee[1], T. K. Lee[1], S. K. Lee[2] , #B. M. Kim(bmkim@pusan.ac.kr)[3]
[1] 부산대학교 대학원 정밀기계공학과, [2] 부산대-IFAM 국제공동연구소, [3] 부산대학교 기계공학부

Key words : Shaped drawing process, degree of difficulty of shape, Classification standard, Shape factor

1. 서론

인발공정은 표면정도 향상 및 뛰어난 치수정도, 그리고 우수한 기계적 성질을 가진 길이가 긴 제품을 얻기 위한 효과적이고 유연한 성형방법 중의 하나이다.

축대칭 인발공정과는 달리 Fig. 1 과 같이 단면형상이 복잡한 이형인발공정(Shaped drawing process)은 넓게 인발만으로 생산하는 경우와 형상압연을 통해 최종형상에 가깝게 가공한 다음, 마무리공정으로서 인발을 통해 생산하는 경우가 있다.[1] 그러나 형상분류기준에 대해서는 명확하지 않다. 공정설계를 위해서는 먼저 인발만으로 생산가능한 형상여부에 대한 판단이 우선시 되어야 한다.

이형인발 공정설계 및 공정변수의 영향에 대해서는 많은 연구가 되어있지만, [2] 공정설계를 하기 전에 인발만으로 생산가능한 형상여부를 판단하는 기준에 대해서는 명확하지 않다. 따라서 본 연구에서 이형인발 공정설계를 하기 위한 복잡한 단면에 대해 형상난이도(The degree of difficulty of shape)의 관점에서 원형 단면을 기초로 한 형상분류기준을 제시하였고, 이를 실제 산업체에서 생산되고 있는 제품에 적용하여 평가하였다.

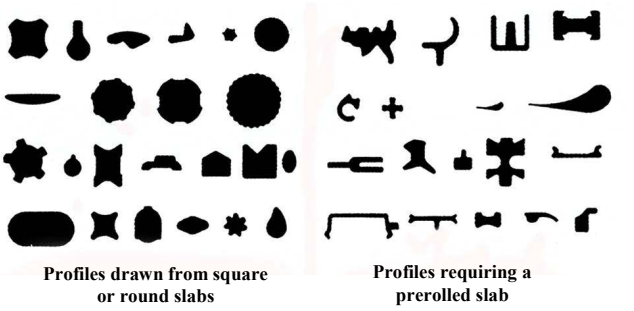

Fig. 1 Samples of drawn profiles

2. 형상 분류 기준

2.1 대칭면의 수

축대칭 인발공정의 경우 대칭면의 수는 무한대이다. 이형인발에서는 대칭면의 수가 3 개 이상인 경우 정다각형에 유사한 형상을 가지며, 대칭면의 수가 2 개인 경우 직사각형에 유사한 형상을 가지게 된다.

대칭면의 수가 2 개 이상인 경우 대칭성을 이용한 설계가 가능함으로서 인발만으로 생산하기 유리하다. 그러나 대칭면의 수가 1 개 이하인 경우 부적절한 설계에 의해 휨이나 비틀림이 심하게 발생할 수 있기 때문에 인발 전에 압연이 필요하게 된다.[3]

2.2 형상계수

형상계수(Shape factor)는 식(1)과 같이 면적에 대한 둘레길이의 제곱으로서 무차원으로 표현된다. 형상계수는 형상난이도, 형상 복잡성(shape complexity) 등의 표현으로 쓰이기도 한다.[4,5]

축대칭 단면의 경우 최소값을 가지며, 단면형상이 복잡할수록 그 값은 증가하게 된다. 또한 단면적에 비해 둘레길이가 길면 마찰면적이 증가함으로써 성형하중도 함께 증가한다. 이에 따라 패스 수를 늘리거나 압연한 후 인발해야 된다.

$$Shape\ factor = \frac{P^2}{A} \qquad (1)$$

2.3 최대/최소 반경비

Fig. 2 와 같이 단면의 도심을 기준으로 형상에 접하는 원의 최대/최소 반경비(Max/Min radius rate)는 축대칭 단면의 경우 최소값을 가진다. 최대/최소 반경비의 증가는 단면에서 가로세로비(aspect ratio) 또는 언더컷(undercut)이 크다는 것을 의미한다. 그러므로 성형하중, 패스 수 등의 이유로 인발만으로는 생산이 불가능하다.

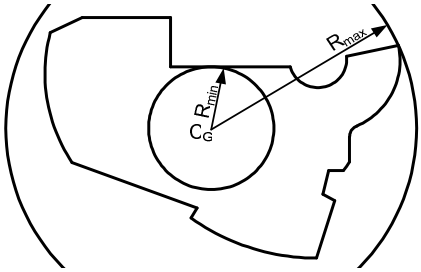

Fig. 2 Maximum, minimum radius of circles tangent to profile

3. 형상 분류 방법

형상분류기준에 대한 기준값을 찾기 위해 Fig. 1 의 형상들을 인식시켜서 평가하였다. 그 결과, 형상분류에 대한 흐름도는 Fig. 3 와 같다.

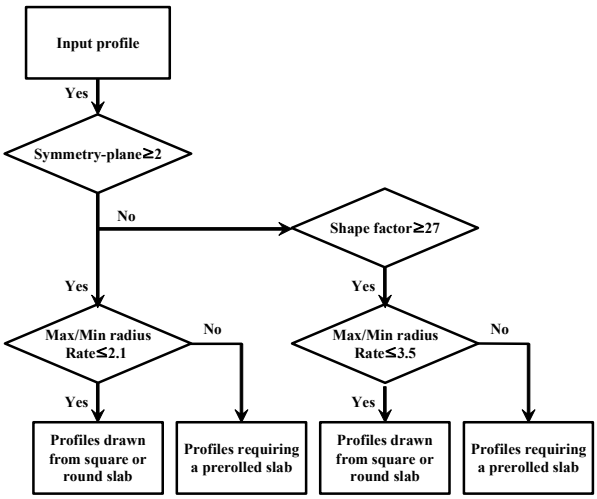

Fig. 3 Flowchart of classification of shaped drawing

No.	1	2
Cross section		
Symmetry plane	1	1
Shape factor	30.89	18.42
Max/Min radius rate	6.44	2.16

Table 1 The results applied to classification stadard

Fig. 1 의 단면들에 형상분류기준을 적용한 결과, Table 1 과 같은 형상들을 제외하고는 모두 만족하는 결과를 보였다. 따라서 본 연구에서 제시한 형상분류방법이 이형인발제품의 공정설계를 위해 인발만으로 생산가능한 형상여부를 판단하는 기준으로서 적용가능성이 있다고 판단된다.

4. 실제 인발제품 적용

본 연구에서 제시한 형상분류기준을 현재 산업체에서 생산하고 있는 실제 인발제품에 대해서 적용하여 분석하였다. 인발만으로 생산하고 있는 제품에 대해서는 모두 만족하였고, 형상압연을 한 다음 인발하는 제품에 대해서는 예외가 있었다.

Table 2 와 Table 3 은 현재 산업체에서 생산하고 있는 제품 중 대표적인 형상들이다. Table 2 는 인발만으로 생산하고 있는 형상이며, Table 3 은 최종형상에 가깝게 형상압연을 한 다음 인발로서 생산하는 형상이다. Table 2 에 있는 형상들은 형상분류기준을 적용하면 모두 인발만으로 생산가능한 형상임을 알 수 있다. 그러나 Table 3 에 있는 형상들은 그렇지 않다. Table 3 의 2 번째 형상은 산업체에서는 형상압연을 한 다음 인발로서 생산하고 있지만, 본 연구에서 제시한 형상분류기준으로 보면 인발만으로도 충분히 생산가능한 형상임을 알 수 있다. 그러나 인발만으로 생산가능한 형상이더라도 공정설계를 위해서는 패스 수, 단면감소율, 성형하중, 다이각도 등 여러가지 변수들을 고려한 공정설계가 이루어져야만 한다.

No.	1	2	3
Cross section			
Symmetry plane	5	1	0
Shape factor	23.129	20.057	16.152
Max/Min radius rate	1.517	1.855	1.969

No.	4	5	6
Cross section			
Symmetry plane	1	1	1
Shape factor	25.972	18.478	18.519
Max/Min radius rate	2.869	3.061	1.287

Table 2 Sample of drawn profiles from round slabs

No.	1	2	3
Cross section			
Symmetry plane	1	0	0
Shape factor	25.806	17.771	29.027
Max/Min radius rate	4.954	2.042	5.542

No.	4	5	6
Cross section			
Symmetry plane	2	1	1
Shape factor	24.031	20.489	24.451
Max/Min radius rate	2.650	3.712	4.223

Table 3 Sample of drawn profiles from prerolled slabs

5. 결론

본 연구에서는 이형인발제품의 공정설계를 위한 인발만으로 생산가능한 형상여부를 판단하는 형상분류기준을 형상난이도를 기준으로 제시하였다. 이 형상분류기준을 기초로 산업체에서 생산하고 있는 제품에 적용하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 본 연구에서 제시한 형상분류기준은 형상이 원에 가까울수록 최소의 값을 가진다. 따라서 형상이 원에 가까울수록 인발만으로 가능한 형상이라고 볼 수 있다.

(2) 다양한 형상들에 대해 형상인식을 통해 형상분류기준을 제시하였다. 이를 산업체에서 생산하고 있는 제품에 적용하였을 때, 거의 대부분의 형상이 잘 일치함을 알 수 있었다. 또한 인발 가능한 형상을 형상압연을 통해 생산하고 있다는 것을 알 수 있었다.

(3) 이상의 결과를 전문가시스템으로 활용한다면, 이형인발 공정설계에 유용하게 적용될 것이라 판단된다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. K. Lange, “Handbook of Metal Forming”, McGraw-Hill, New York, 1985.
2. 김용철, 김동진, 김병민, “원형봉에서 사각재 인발 공정의 코너 채움에 관한 연구”, 한국정밀공학회지, 17, 143-152, 2000.
3. 전만수, 황상무, “대칭면을 하나 가진 형상 압출공정용 금형형상 최적설계 및 최적금형의 효과”, 대한기계학회 춘추학술대회 논문집, 1, 808-812, 1993.
4. C. R. Boër, H. Riegger, “Pattern Recognition in Steel Profile Production”, Int.J.Mach.Tool.Des.Res., 26, 21-34, 1986.
5. 신현기, 이석렬, 박철현, 양동열, “전기장 이론을 이용한 3 차원 단조공정에서의 예비형상 설계”, 한국소성가공학회지, 11, 164-170, 2002.