

# 드로잉 가공에서 다이패드의 독립형과 일체형 구조가 제품 두께에 미치는 영향에 관한 연구

이 춘 규\* · 남 승 돈\*  
\*유한대학교 금형설계과

## A Study on the Influence of the Integrated Structure and Independent of the Die Pad on the Products thickness in the Drawing Process

Chun-Kyu Lee\* · Seung-Done Nam\*

\*Department of Metal Die Design Engineering, yuhan University

### Abstract

Using a progressive die of the multi-stage drawing product, It was experiments for the Influence of the Products Roundness on the die pad process Safety die model, obstacle countermeasure research safety die design When the die pad is independent structure, Sidewall thickness of the inside 2stage, 3stage, 4stage of the product is thicker, the thickness of the inside 1stage and the bottom is thinner. it was become unstable beacuse the inside 1stage related to the Products Roundness is thinner. When the die pad is Integrated structure, Sidewall thickness of the inside 1stage, 2stage of the product is thicker, and Sidewall 3stage and 4stage was a thin. it was become unstable beacuse the inside 3stage related to the Products Roundness is thinner. Therefore, The appropriate combination of and integrated independent is required for each process.

**Keywords :** Concentricity, Drawing, Die pad, Multi-stage drawing

### 1. 서 론

드로잉가공이란 블랭크 먼 내에서 재료의 변형 이동에 의해 평판으로 바닥이 있고 이음매가 없는 중공용기를 만드는 것을 말하며, 형상은 원통형, 각통형, 이형 등이 있다[1]. 특히 각통형 드로잉 작업을 성공적으로 성형하려면 용기의 재질, 블랭크 형상, 드로잉 깊이, 드로잉 횟수, 드로잉 형상, 드로잉 압력, 블랭크 홀딩력, 쿠션력, 드로잉유, 펀치와 다이의 클리어런스, 다이구조 등의 총합적 조합이 적절한 경우에 성공할 수 있다[2].

블랭크 레이아웃 및 스트립 레이아웃설계가 설계자가 의도하는 대로 구성하기 쉽고 다양한 방법으로 재료의 이용률을 실시간으로 확인하면서 복잡한 형상까지도 블랭크 전개를 할 수 있는 폭 넓은 확장성 및 정확하고 빠르게 스트립 레이아웃을 설계함으로써 금형설계시 중요하다고 판단되는 부분의 각 공정마다 박판성형 해석을 설계자가 실시간으로 실시하여 문제가 발생하는 부분을 모델링상태에서 용이하게 수정하는 방법도 중요하다[3].

†Corresponding Author : Prof. Chun-Kyu Lee, Industrial Management, Yuhan University, 185-34 Goean-dong, Sosa-gu, Bucheon-si, Gyeonggi-do, Korea.

Received April 20, 2015; Revision Received May 29, 2015; Accepted June 11, 2015.

본 연구에서 실험할 제품은 4단 원통형으로 드로잉 되는 제품으로서 각 단의 체적을 계산하여 설계하지만 CAD에서의 이론적인 치수 값이기 때문에 직접 시험생산을 통하여 각 단의 측벽 두께를 측정하면서 가장 좋은 조건의 체적을 찾아가야 한다. 또한 제품의 동심도 측정시 3차원 측정기가 플랜지 평면을 기준점으로 하고 제품 1단 내측을 기준으로 하여 측정하기 때문에 제품 1단과 3단의 내측 두께의 변화가 가장 중요하다. 제품을 대량생산할 때 소재의 측벽 두께에 따라 제품 내측 동심도에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 연구하고, 각 단의 체적에 맞는 치수 안전성을 추구하고, 금형 구조에 따라 각 단의 벽살 두께의 변화에 대하여 연구하고자 한다.

## 2. 본론

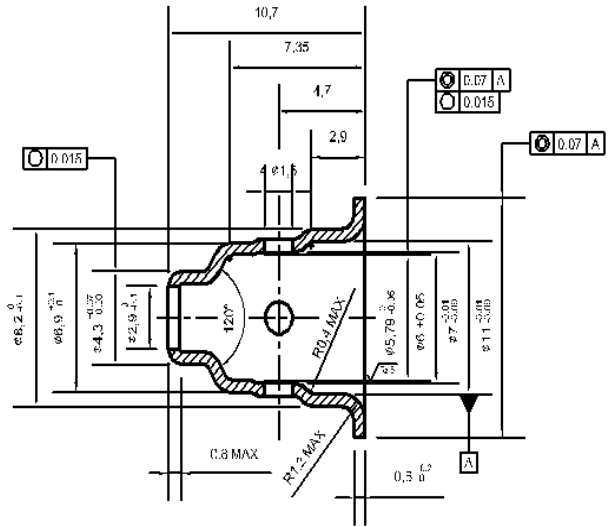
### 2.1 제품도 분석 및 스트립레이아웃

[Figure 1]에 나타낸 것과 같이 플랜지가 있는 4단 원통형 드로잉 제품으로서, 문헌을 참고하여  $\varnothing 21.10\text{mm}$ 의 블랭크 치수를 얻고, 여기에 드로잉 완성 후 트리밍 공정으로 제품을 완성하기 위해 편측 1.0mm의 여유 값을 적용하여 23.10mm로 결정하고 캐리어와 앞뒤 잔 폭을 더하여 최종 29.0mm로 스트립레이아웃을 결정하였다. Fig-2 및 [Table 1]에 나타낸 것과 같이 각 공정의 외경, 드로잉 높이, 클리어런스를 적용하였다.

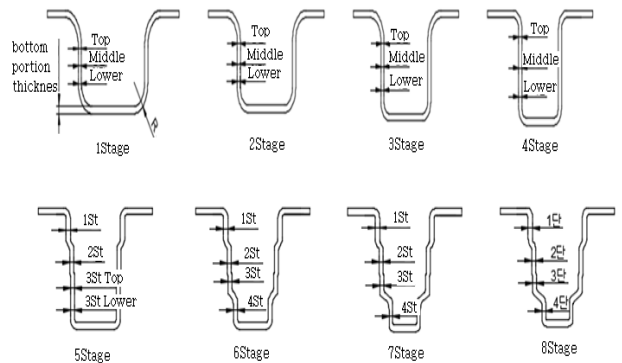
<Table 1> Design dimensions of steps

Classify	1 Stage	2 Stage	3 Stage	4 Stage	5 Stage	6 Stage	7 Stage	8 Stage
Product shape	1 St	12.00	9.90	8.30	6.97	6.97	6.97	6.97
	2 St					6.00	6.00	6.00
	3 St					5.76	5.76	5.76
	4 St						4.20	3.34
Punch "R"	2.00	1.50	1.00	1.00	1.00	0.30	0.20	0.20
Punch length	68.00	68.40	68.80	68.40	69.40	70.30	70.40	70.00
Die "R"	2.50	1.50	2.00	1.00	0.30	0.30	0.30	0.30
Die diameter	1 St	13.20	11.10	9.50	8.13	8.18	8.18	8.18
	2 St					7.18	7.18	7.18
	3 St					6.93	6.93	6.93
	4 St						5.40	4.35
Clearance	1 St	0.60	0.60	0.60	0.58	0.605	0.605	0.605
	2 St					0.590	0.590	0.590
	3 St					0.585	0.585	0.585
	4 St						0.600	0.505

연구에 사용된 소재는 STS 304로서 드로잉 가공에서 소재의 두께, 금형의 표면처리 방법, 금형부품의 재질, 윤활유(드로잉유)의 종류, 온도 등의 환경적 영향을 많이 받으며, 특히 드로잉 펀치의 모서리 R(Round), 다이 입구의 R, 클리어런스의 영향을 많이 받는다. 실험에 사용된 소재를 측정된 결과 0.58mm이다.



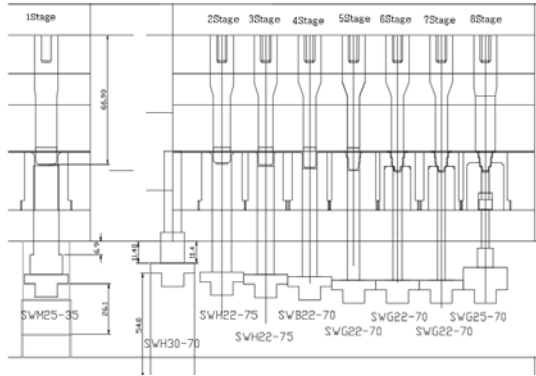
[Figure 1] Products



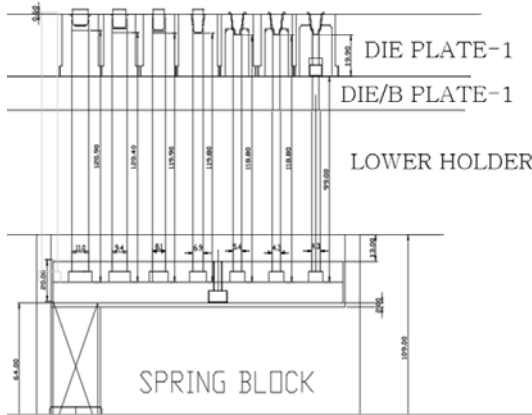
[Figure 2] Strip Layout

### 2.2 프로그레시브 드로잉 금형제작

스트립레이아웃을 바탕으로 Fig-3과 같이 프로그레시브 드로잉 금형을 설계하고, 실험을 위한 금형을 제작하였다. 각각의 드로잉공정마다 에어그라인더를 이용하여 6시와 12시 방향에 작은 돌기를 만들어 표시하고, 드로잉 가공 후 3시에서 9시 방향을 절단하여 동일 위치가 측정될 수 있도록 하였다. 이는 재료의 압연 방향에 따른 인장과 압축의 차이를 고려하여 동일 위치를 측정하기 위함이다.



㉠ Standalone method pad



㉡ One-piece die pad

[Figure 3] The structure of die

펀치 재료는 SKH51종을 사용하여 표면처리를 하였으며, 드로잉 다이 인서트는 초경합금을 사용하였고, 드로잉성 향상을 위하여 펀치와 다이 인서트에 TiN(표준경도 hV2521 ±100) 표면처리를 하였다. 실험에 사용한 프레스는 AIDA 150Ton, (SPM 45)를 사용하였으며, 각 공정의 패드에 사용한 스프링은 [Table 2]와 같다.

<Table 2> The spring applied to pad of steps

Classify	Spring Standards	Spring load (N)
1 Stage	SWM 25-35	981
2 Stage	SWH 30-70	2,117
3 Stage	SWH 22-75	1,137
4 Stage	SWB 22-70	1,137
5 Stage	SWB 22-70	1,530
6 Stage	SWG 22-70	1,883
7 Stage	SWG 22-70	1,883
8 Stage	SWG 25-70	2,432

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 독립형 다이패드

드로잉 패드를 각각 작동되도록 독립형으로 하고 1차 실험을 실시하였다. 실험결과를 [Table 3]과 [Figure 4]에 나타난 것과 같이 제 1단의 측벽 두께가 설계치수 보다 0.01mm 얇게 나타났다. 반면에 제 5공정, 제 6공정 및 제 7공정, 제 8공정의 2단 측벽의 두께는 0.01mm 두꺼운 것으로 나타났다. 2단의 측벽이 두꺼우면 다음 공정에서 측면 피어싱을 할 경우  $\phi 1.50$ 의 사이드 피어싱 펀치에 피로도가 쌓이게 되어 마모나 파손의 원인이 되므로 한도 범위에서 얇게 되는 것이 대량생산에 유리하다. 제품 3단의 측벽 두께는 설계치수보다 0.01mm 크게 드로잉 되었으며, 이로 인하여 제 8공정의 다이부시에 가해지는 팽창압력이 크게 되고, 다이부시의 파손이 발생되었다.

제 8공정은 리스트라이킹 공정으로 펀치와 다이부시가 중앙에서 겹쳐지는 구조로서, 다이부시는 제품의 1단, 2단을 최종 형성하고, 펀치는 제품 3단(내경 동심도 치수)과 4단을 최종 형성한다.

바닥부의 두께는 제 6공정 드로잉에서 0.047mm 얇게 나타났으나, 후 공정에서  $\phi 2.87$ mm로 피어싱되므로 두께의 변화는 제품의 품질에 영향을 주지 않는 것으로 판명되었다. 전체 드로잉에 대한 동심도는 0.052mm로 되었으며, 이는 허용공차인 0.04mm에서 벗어나게 되므로 제품의 품질을 만족할 수 없었다.



[Figure 4] Experimental results of the standalone die pad

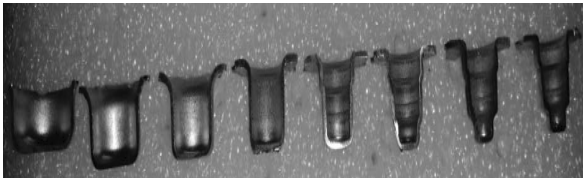
#### 3.2 일체형 다이패드

독립형 패드의 결과를 바탕으로 동심도 공차를 향상시키기 위하여 다이패드를 일체형 구조로 변경하여 실험을 실시하였다.

실험결과 <Table 4>와 [Figure 5]에 나타난 것과 같이 제 1단의 측벽 두께가 설계치수와 동일하게 독립형보다 0.01mm 두껍게 나타났다. 또한 제 5공정, 제 6공정 및 제 7공정, 제 8공정의 2단 측벽의 두께는

독립형과 차이가 없는 것으로 나타났다

제 3단의 측벽두께는 독립형과 비교하여 0.01mm 얇아져서 제 8공정의 다이부시의 파손이 발생되지 않았다. 또한 바닥부분의 두께는 독립형보다 0.023mm 더 두꺼워졌으며, 제품 제 4단 외경의 치수가  $\varnothing$  4.325mm로 최소치수가 되었다. 마지막 드로잉 공정 후 제품의 바닥부 두께는 독립형의 0.482mm보다 0.023mm 두꺼운 0.505mm로 나타났으며, 전체 드로잉에 대한 동심도 치수는 허용범위 0.04mm에 대하여 3 $\mu$ m이 초과된 0.043mm로 나타났으므로, 클리어런스의 조정에 의하여 치수의 조정이 가능한 것으로 판단되었으며, 제품 전체의 길이는 독립형에서의 10.64mm보다 길어진 10.82mm로 되었으므로 리스트라이킹에 의해 조정이 가능하게 되었다.



[Figure 5] Experimental results of the one-piece die pad

<Table 3> Experimental results of the standalone die pad

Classify		1 Stage	2 Stage	3 Stage	4 Stage	5 Stage	6 Stage	7 Stage	8 Stage	
Product shape	1St	Top	0.596	0.571	0.592	0.589	0.577	0.577	0.576	0.575
		Midle	0.576	0.557	0.573	0.573				
		Lower	0.565	0.510	0.510	0.494	0.590	0.587	0.585	0.585
	2St	Top					0.600	0.600	0.599	0.600
		Lower					0.599	0.602	0.600	0.602
	3St	Top					0.584			
		Midle						0.588	0.586	0.584
	4St	Lower					0.556			
		Midle						0.451	0.506	0.506
	Products outside "R"		0.525	0.504	0.494	0.474	0.497	0.357	0.412	0.420
	bottom portion thickness		0.560	0.540	0.528	0.523	0.527	0.480	0.480	0.482
	Drawing height		7.530	8.870	9.270	9.810	9.810	10.780	10.860	10.640
Flange diameter( $\varnothing$ )		14.15	13.97	14.16	14.42	14.67	14.70	14.71	14.73	

[Table 4] Experimental results of the one-piece die pad

Classify		1 Stage	2 Stage	3 Stage	4 Stage	5 Stage	6 Stage	7 Stage	8 Stage	
Product shape	1St	Top	0.596	0.577	0.596	0.593	0.577	0.577	0.576	0.575
		Midle	0.577	0.564	0.580	0.563				
		Lower	0.565	0.515	0.515	0.500	0.590	0.587	0.585	0.585
	2St	Top					0.600	0.600	0.599	0.600
		Lower					0.599	0.602	0.600	0.602
	3St	Top					0.584			
		Midle						0.588	0.586	0.584
	4St	Lower					0.556			
		Midle						0.451	0.506	0.506
	Products outside "R"		0.525	0.514	0.495	0.475	0.495	0.364	0.387	0.396
	bottom portion thickness		0.561	0.540	0.539	0.527	0.528	0.501	0.505	0.505
	Drawing height		7.54	8.85	9.32	9.89	10.05	10.98	11.07	10.82
Flange diameter( $\varnothing$ )		14.19	13.97	14.16	14.45	14.65	14.68	14.71	14.76	

### 3.3 독립형과 일체형 다이패드의 비교 고찰

독립형 다이 패드방식과 일체형 다이 패드 방식에 의하여 드로잉 가공된 제품을 동일 항목으로 구분하여 Fig-6에 나타낸 것과 같이 비교 고찰하였다.

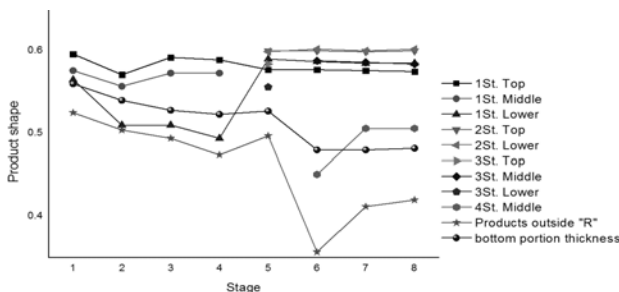
1차로 각 공정별 재료의 두께 변화를 고찰한 결과 제품 1단의 상부의 경우 2공정에서부터 4공정까지는 일체형의 경우가 두껍게 드로잉 되었으며, 5공정에서부터 마지막 8공정까지는 동일한 두께로 드로잉 되었다. 중간부의 경우에는 1공정, 2공정, 3공정은 일체형 이 두껍게 나타났으며, 4공정에서는 독립형 패드의 경우가 두껍게 드로잉 되었다. 바닥부분은 1공정은 동일한 두께를 보이다가 2공정에서부터 4공정까지는 일체형 패드의 경우가 두껍게 되었다. 그러나 5공정에서부터 8공정까지는 동일한 두께로 되었다. 이는 드로잉 두께가 증가하면서 외부에서 재료의 유입이 차단되고 내부의 인장에 의하여 드로잉이 형성되기 때문에 재료의 두께가 얇아지면서 동일하게 된 것으로 사료된다.

제품의 2단, 3단, 4단의 경우는 독립형 패드와 일체형 패드에 의한 재료의 두께는 동일하게 나타났으며, 이는 드로잉 높이가 증가되더라도 외부에서 재료의 유입이 중단되고 재료의 고유 체적에 의한 인장이 발생하면서 드로잉 되는 것으로 사료된다.

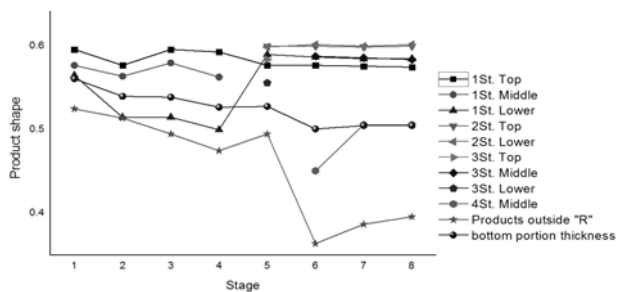
제품의 외측 레디어스의 변화를 고찰한 결과 6공정까지는 미소하나 일체형 패드를 사용하였을 경우가 크

게 되었으며, 7공정, 8공정에서는 독립형 패드를 사용한 경우가 크게 되었다. 이는 앞 공정에서 드로잉된 체적이 독립형의 경우가 끝까지 유지되면서 드로잉된 결과로 사료된다.

제품의 바닥부 두께를 비교한 결과 일체형 패드를 사용한 경우가 미소하나마 두껍게 되는 것으로 나타났으며, 이는 패드가 일체화 되어있어 재료가 외부에서 끌려들어가지 못하고 내부의 인장에 의한 드로잉 성형이 된 것으로 사료된다.

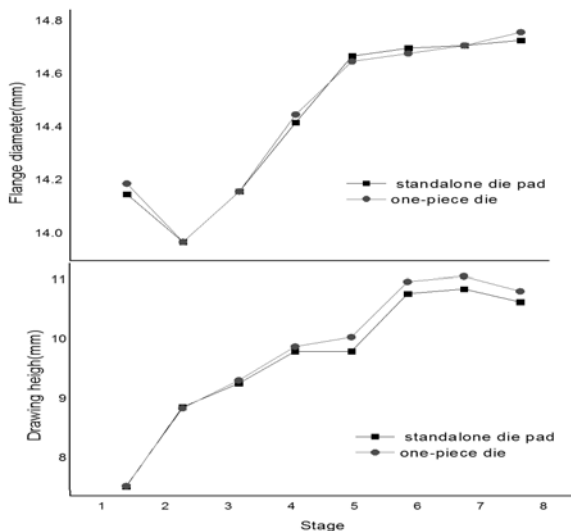


(a) Standalone method pad



(b) one-piece die pad

[Figure 6] Comparison of standalone and one-piece die pad



[Figure 7] Drawing height and flange size variation

[Figure 7]에 나타난 것과 같이 드로잉 펀치의 길이를 동일하게 설정하고 드로잉을 시행하였으나, 드로잉 높이는 독립형 패드의 경우보다 일체형 패드를 사용한 경우가 높게 되었으며, 이는 패드가 일체형으로 작동하여 드로잉 가공시 높은 부분의 드로잉에서만 구속 가압이 이뤄지고 있기 때문으로 사료된다.

블랭크의 크기 변화를 고찰하여 재료의 끌려들어감에 의한 변화를 고찰한 결과 독립형 패드를 사용한 경우와 일체형 패드를 사용한 경우 모두 플랜지 크기 변화는 동일하게 되는 것으로 고찰되었다. 이는 제 1차 드로잉에 의하여 재료의 유입은 결정되어지고 이후의 공정은 내부의 인장에 의한 드로잉이 이뤄지기 때문인 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

드로잉 가공에서 독립형과 일체형의 다이패드와 제품의 두께에 미치는 영향에 관한 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 다이의 패드가 독립형일 때는 제품 내측 2단, 3단, 4단의 측벽 두께가 두꺼워 지고, 내측 1단과 바닥면의 두께는 얇아진다. 즉 동심도에 관련된 내측 1단이 얇아져 불안정하게 된다.
- 2) 다이 패드가 일체형일 때는 제품 내측 1단, 2단의 측벽과 바닥면의 두께는 두껍게 되며, 내측 3단과 4단은 얇게 되는 것으로 나타났다. 즉, 동심도에 관련된 내측 3단이 얇게 되어 불안정하게 된다.

3) 동심도에 관련된 치수부분을 확인한 결과 독립형 패드방식에서는 내측 3단의 측벽이 두껍게 되고, 일체형 패드방식에서는 내측 1단의 측벽이 두껍게 되는 것으로 나타났다.

4) 독립형 패드방식에서는 제품의 높이가 설계된 치수로 드로잉 되었으나, 일체형 패드방식에서는 설계된 치수보다 높게 되는 것으로 나타났다. 이는 다이패드의 스프링 압력이 높은 드로잉 공정에 집중되고 낮은 드로잉 공정에는 압력을 발생시키지 못하여 드로잉 높이가 높게 된 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 얻어진 결과 다단 드로잉 공정에서는 1공정에서부터 4공정까지는 일체형 패드를 사용하고, 5공정에서부터 8공정까지는 독립형 패드를 사용

하는 것이 제품의 두께가 두껍게 되므로 제품의 동심도를 유지하거나, 드로잉 깊이를 증가시키기에 유리할 것으로 판단되며 추후에 이 부분에 대하여 지속적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

### 5. 참고 문헌

- [1] Chun kyu Lee Three other than, “Press Die Design Manual that is easy to know”, Kijeon Media, pp166~168, 2012
- [2] Sea hwan Kim, “Study on the Punch and die for each copy, drawing each design radius of the hole” Korea Die & Mold Engineers, pp16 ~ 23, 2008
- [3] Gye gwang Choi, Chan gyo Pak, Korea Die & Mold Engineers, 2008, Summer symposium, pp17 ~ 22, 2008 June 24
- [4] Jun gi Jeong, Ung sik Jo, Taek seong Lee, Proceedings of the Korean Society of Mechanical Engineers A, 28th book, paragraph 5, pp654 ~ 661, 2004

### 저 자 소 개

이 춘 규



- 서울과학기술대학교 기계공학 석사
- 공주대학교 기계공학 박사
- 현재 유한대학교 금형설계과 산학협력교수
- 관심분야 : 프레스금형 및 사출금형

남 승 돈



- 명지대학교 산업공학과 (공학사)
- 명지대학교 대학원 산업공학과 (공학석사, 박사)
- 현재 유한대학교 금형설계과 산학협력교수
- 관심분야: 생산관리, ERP, ISP, 작업설계