

전단 스피닝시 로라와 접촉판사이 유통과정에 대한 연구

김 만 수

A study on Flow Process of Roller on Contact Sheet in Shear Spinning

Kim Man-soo

Summary

The mechanism on the power of shear spinning and shear spinning process have been defined and formulated, these being shear strain, shear strain rate, specific energy and tangential force. An experimental technique to study metal flow in shear spinning has been described. The techniques involved in manufacturing a good product having been developed through long experience by trial methods. Because of the success obtained so far in many applications and with materials of widely varying properties, it is quite apparent that power spinning is very promising process. In recent year power spinning has been playing a very important role in the manufacturing of aircraft components of various forms, with rigid specifications for dimensional accuracy, strength, finish, etc. While some deviation from this rule is possible, the best product is usually obtained at sine law condition. While many phases of the spinning process have been under investigation, emphasis was placed on spinnability, and the work reported herein was carried out as a facet of long-range program of shear spinning research, but with an aim toward an expedient solution to this phase of the over-all problem.

緒 言

塑性加工중에 발생하는破壊의 문제는 金屬加工 産業分野에서 重要な 研究課題이다.

機械加工(塑性加工)에서 要求條件에 一致되도록, 設計치수 및 機械 혹은 物理的인 性質에 符合될때 試片이 破壞되지 않고 Strain과 Stress 값이 주어지고, 여러가지 型의 作業에서 材料의 加工豫測할 수 있는 formability에 對한 主眼點은 다음과 같다.

여기서 R, R_o, R_i : 加工中板의 반경 (in)

γ_o : roller의 구석반경 (in)

ρ_o : roller에 torus 반경 (in)

α, β : mandrel 및 板의 圓錐體 半角

이 作業過程에서의 特徵은 半徑 R 의 位置가, 位置 變形해도 그대로 維持되며, 角速度는 加工중에 一定하다. 特히 Die의 回轉後에 roller는 X 方向에는 $f \sin \alpha$, Z 方向에는 $f \cos \alpha$ 로 移動한다.

平板이 mandrel에 剪斷圓錐體로서 形成될때 두께는 Sine 法則에 따른다.

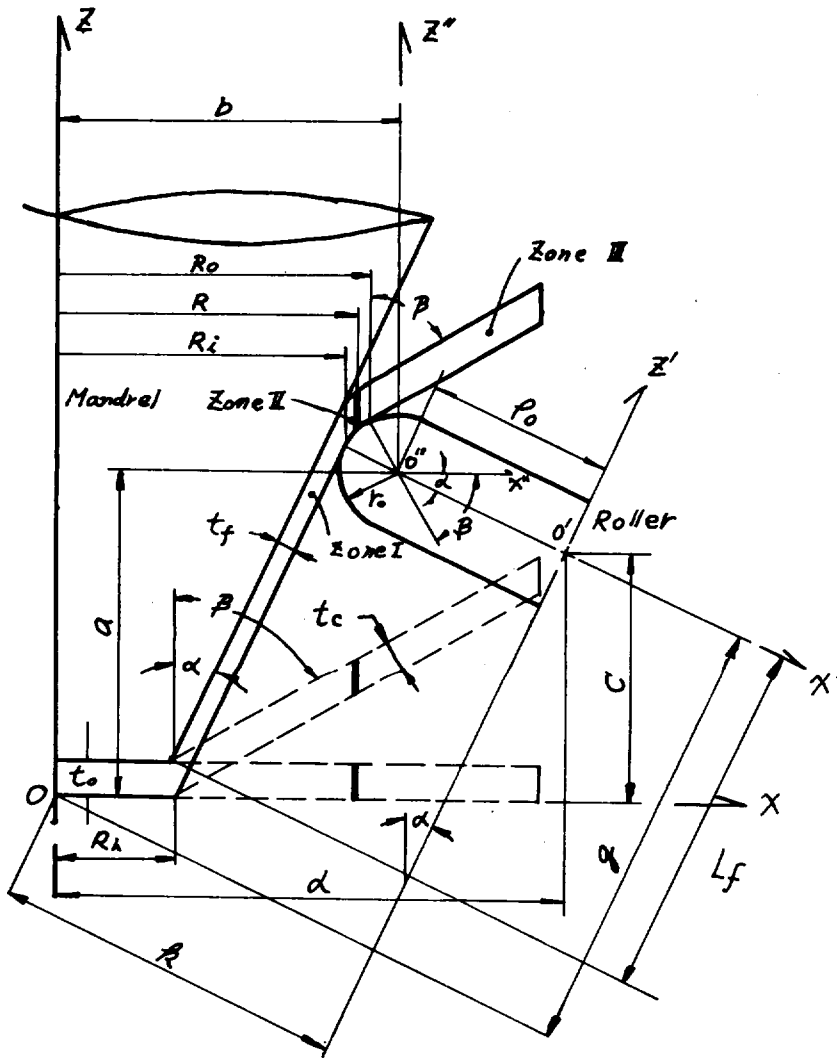


Fig. 1. Deformation in Process.

研究方法

$$\left. \begin{aligned} t_f &= t_o \sin \alpha \\ t_c &= t_o \sin \beta \\ t_f &= t_c \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

Disc에서 板材料가 $\beta = 90^\circ$ 일 경우 $t_c = t_o$,

$$t_f = t_o \sin \alpha.$$

여기서 t_o, t_f : initial and final 두께 (in)의 수축율의 最大값을 정의한다.

$$\text{Spinning reduction} = \frac{t_o - t_f}{t_o} \times 100 \dots\dots (2)$$

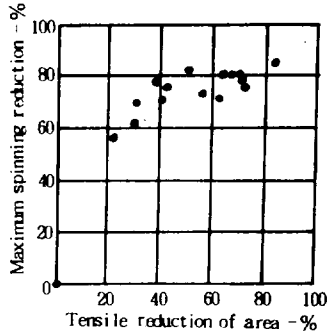


Fig. 2. Relationship between maximum spinning reduction and tensile reduction of area of material spun.

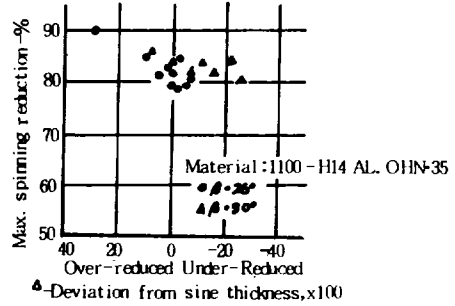


Fig. 3. Effect of β on spinnability.

Fig 2, Fig 3의 作圖實驗에서의 材料는 Al 6061-0 이며 두께 $t = 1/4$ in, $V = 3 \sim 20$ in/min, $N = 200 \sim 500$ rpm, $\beta = 26$ deg 일때 결과이다.

Sine 法則에서 Parameter 오차는 다음식으로 나타낸다.

$$\left. \begin{aligned} \text{Thickness} \quad \text{Strain} \quad e_T &= \frac{t_f - t_o}{t_o} = \frac{t_f}{t_o} - 1 \\ \text{Length} \quad \quad \quad \quad \quad e_L &= \frac{L_f - R_b}{R_b} = \frac{L_f}{R_b} - 1 \\ \text{Circumferential} \quad \quad e_C &= \frac{a - R_b}{R_b} = \frac{L_f \sin \alpha}{R_b} - 1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

$K = \frac{t_m}{t_f}$ 그리고 Strain의 3成分으로 分類하면

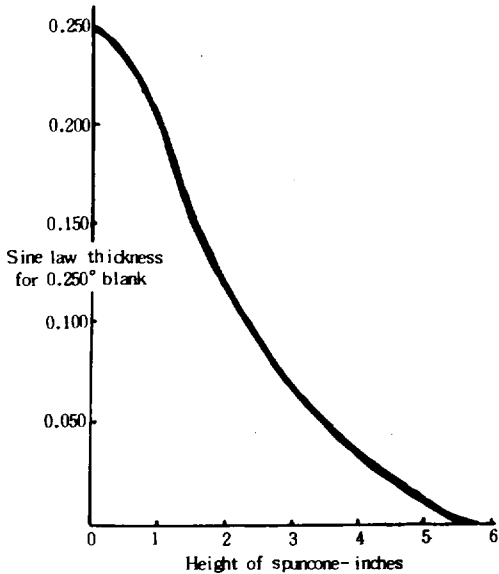


Fig. 4. Ideal thickness versus height of spun cone.

Parameter K는 $t_f = K t_o \sin \alpha$ 임으로 體積의 정수는 다음과 같이 표시된다.

$$(1 + e_T)(1 + e_L)(1 + e_C) = 1$$

다시 쓰면 $(K \sin \alpha) \left(\frac{L_f}{R_b} \right) \left(\frac{L_f \sin \alpha}{R_b} \right) = 1$ 이 된다.

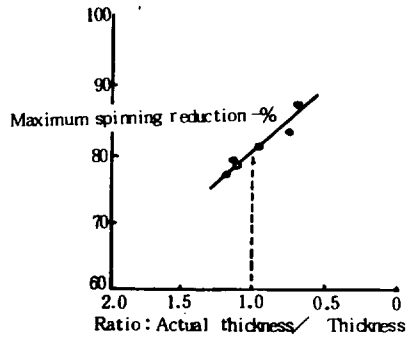


Fig. 5. Spinnability versus deviation from sine law.

Table 1. Spinnability test data for 6061-0 aluminum.

Part No.	Spindle RPM	Axial feed IPM	Thickness at fracture inches	Height of Spun cone inches	Correct thickness inches
E-1	400	12	0.038	3.30	0.057
E-2	400	12	0.049	3.43	0.052
E-3	400	12	0.044	3.23	0.060
E-4	400	9	0.059	3.46	0.051
E-5	400	12	0.055	3.49	0.050
E-6	400	15	0.054	3.55	0.048

표준 Sine 法則에 對한 이들 결과를 作成하는데 다음식이 주어진다.

$$K = \frac{T_m}{T_s} \dots\dots\dots (4)$$

T_s ; Sine law의 thickness

T_m ; measured //

Tensile test에서 面의 最大수축에 對해서, spinning 過程에 두께 最大수축에 對한 것을 檢討할 必要가 있다.

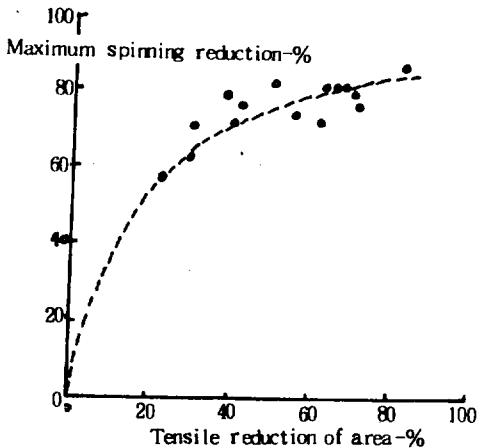


Fig. 6. Spinnability versus tensile reduction.

$$R = \frac{q}{0.17 + \frac{q}{100}} \dots\dots\dots (5)$$

R ; limiting reduction of thickness in spinning percent

q ; Tensile test reduction of area at fracture percent

위의 式의 결과로서 Fig 6의 曲線을 作圖할수 있고 材料가 破壞에 對해서 引張수축에 對한 性質을 把握할 수 있고 抵抗할 수 있는 最大 spinning reduction을 表示할 수 있다.

速度場의 成分에서, U_x, U_y, U_z 에서

$$U_x = \lambda \left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \cdot \frac{\partial x}{\partial z} - \frac{\partial \psi}{\partial z} \cdot \frac{\partial x}{\partial y} \right)$$

$$U_y = \lambda \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} \cdot \frac{\partial x}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial z} \right)$$

$$U_z = \lambda \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial y} - \frac{\partial \psi}{\partial y} \cdot \frac{\partial x}{\partial x} \right)$$

$$\left. \begin{aligned} U_\theta &= U_y \cos \theta - U_z \sin \theta \\ U_r &= U_y \sin \theta + U_z \cos \theta \end{aligned} \right\} \text{의 결과로서}$$

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= -\pi N \\ U_r &= 0 \\ U_\theta &= 2\pi R N \\ U_z &= 2\pi N \frac{\partial Z_D}{\partial \theta} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

단 $\psi(x, y, z) = x^2 + y^2$
 $\psi(x, y, z) = Z - Z_D$

Table 2. Spinnability and tensile data.

Material	BHN 500/10	Proportional stress PSI	True tensile stress PSI	True breaking stress PSI	% E in 2"	Strain hardening exponent Log strain at UTS	Tensile R at fracture	Spinnability %	Spinning elongation %E = $\frac{R}{1 - \frac{R}{100}}$
H00-H14 Aluminum	35	14,400	18,800	33,800	16.6	0.059	66.5	80	400
6061-0 Aluminum	33	8,400	22,000	39,100	26.0	0.166	62.9	80	400
6061-4 Aluminum	58	16,700	44,600	56,200	25.9	0.199	42.2	76	317
6061-T6 Aluminum	93	42,500	52,500	65,800	14.4	0.108	39.5	71	245
2024-0 Aluminum	58	11,800	43,500	51,600	18.2	0.138	30.3	70	233

Roller 와 cone 사이에 작용하는 接線力은 3部分 힘
중에 가장크게 加해진다.

變形區域에서 金屬板에 加해진 全体일의 rate \dot{W} 는

$$\dot{W} = F_r U_\theta + U_r + F_z U_z \dots \dots \dots (9)$$

여기서 F_r ; 接線方向의 힘, U_θ ; 원주속도
 F_r ; 半徑 " " , U_r ; 반경방향 속도
 F_z ; 軸 " " , U_z ; 軸 " "

Roller 가 반경方向의 速度가 없으므로 다음과 같이
表示된다.

$$\dot{W} = F_r \cdot U_\theta + F_z \cdot U_z = \dot{W}_r + \dot{W}_z$$

\dot{W}_r ; tangential power, \dot{W}_z ; axial power

위의 式에서 移送力은 全体힘의 7%以內이다.

$$\dot{W} = F_r \cdot U_\theta \dots \dots \dots (10)$$

即 spinning 機械加工時 所要動力은 (10)式을 기준삼
아 機械設計의 資料가 된다.

1. 圖式的으로 圓錐體의 剪斷 스피닝 變形過程에서
die 와 blank 가 한회轉동안 roller 는 같은 位置에
있고 die 의 完全回轉後에 roller 는 X 및 Z 方向으
로 移送한다.

2. 대개의 材料에 spinnability 는 面積의 引張試
驗 reduction 의 實驗 테 - 타로서 나타냈다.

3. 보다 큰 reduction 은 各 점에서 Sine 法則에 적
용할 수 있는 두께가 되어야 mandrel 을 使用時 圓錐
體의 spinning 이 可能하다.

4. 실험테 - 타 결과 面積에서 0.5% strain 의 인
장 수축을 일으킨다.

5. 실험·테 - 타 결과와 잘 一致할 수 있는 것은
 $\alpha/\tau = 2$ 이며 비교적 $\alpha/2$ 가 14 deg 일때 양호하다.

摘 要

본 研究는 圓錐體의 spinning 時 精確한 所要動力을
求할때 材料의 機械的 및 物理的 性質이 어떻게 變化
하는가를 실험으로 시도하여 圖表를 作成했다.

結果 및 考察

1. 圓錐體의 剪斷스피닝 變形과정에서 Fig. 1에서 機械加工을 圖解로서 설명되었다.

2. 인장수축과 최대스피닝 수축과 사이 關係를 평균 적정치 값에 對한 수치와 剪斷機械加工時 材料選定

에 有益한 資料로서 제시되었다.

3. Spinnability의 절대적인 영향은 속도(V)와 회전수(N)와 試片과 mandrel 사이에 β 의 적정치로 최대 전단수축의 평균치를 Fig.3에서 제시되었다.

引 用 文 獻

- 1) Colding, B. N. 1959; "Shear Spinning ASME Paper"
- 2) Kudo, H. 1966; "Study of Shear Spinning"
- 3) Hill, R. 1960; "TRANS TSME," mathematical theory of plasticity Clarendon Press, Oxford.
- 4) Richard L. Kegg, 1961; "A new test method for determination of spinnability of metals"
- 5) Kalparcioglu, S. 1961; "An experimental study of plastic deformation in power spinning."
- 6) Kobavashi, S. and Thomson, E. G. 1961; "Theory of spin forging"
- 7) Serope Kalpaglooglo, 1961; "A Study of Shear-Spinnability of Metals"