

발전용 소재의 DISK FORMING 에 관한 연구

The Study of Disk Forming on the Power Plant Materials

*김영득¹, 김동권¹, 김동영¹, 김정태¹, 배원병²

*Y. D. Kim¹(youngdeuk.kim@doosan.com), D. K. Kim¹, D. Y Kim¹, J. T. Kim¹, W. B. Bae²

¹ 두산중공업 기술연구원, ² 부산대학교 기계공학부

Key words : Disk Forming, Dome Die, Ring Die, Metal Flow, Preform Design, Primary Head

1. 서론

원자력 발전소의 특성상 가동 중 안전성과 신뢰성에 대한 주의와 관심이 매우 높고 이를 요구하고 있다.¹ 주요 핵심 설비 중의 하나인 증기 발생기(Steam Generator)에서 개보수를 위한 작업자의 이동 통로와 여러 가지 배선들이 설치되는 각종 Nozzle 들이 추가로 측면에 부착되어 있는 형태를 갖는 Primary Head 는 가장 주의와 관심이 집중 되는 핵심 부품 중의 하나이다. 특히, Primary Head 상측은 증기 발생기에서 유일하게 1 차측 냉각수와 접촉하는 부위로서 다른 어느 품목보다도 제작 중 소재, 용접부 등에 대해서 주의 깊은 제조 조건을 요구하고 있다.

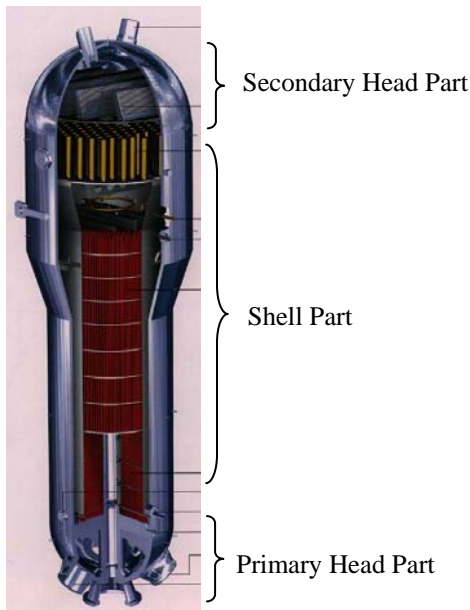


Fig. 1 Schematic photo of steam generator

Fig. 1 은 전형적인 증기 발생기에 대한 개략적인 구조를 보여 주고 있는 그림이다. 크게 상측의 Secondary Head 와 하부측에 Primary Head 그리고, Straight 또는 Cone 형의 Shell 류로 구성 되어 있다. 하단부의 Head 류에는 각종 Nozzle 부가 부착 되어 있으며, 상측부는 1 차측 냉각수와 접촉되므로 충분히 길게 위쪽으로 소재의 연장이 되는 제제품이 요구되며, 비교적 완화된 조건을 적용하고 있는 국내 발전소의 증기 발생기 제작에서도 Nozzle 을 제외하고는 상측 부위로 충분한 소재 연장이 된 일체형 제작을 요구하고 있으므로 이에 따른 Forging 제조 공법이 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 Nozzle 부위를 제외 하였을 때 윗 쪽의 Dome 형상과, Dome 의 상측 부위로 요구하는 소재 연장 길이가 다른 경우에 대해서 압하량, 소재 두께 정도, 상부 Dome 다이와 하부 링다이의 형상 및 각도 등에 따른 치수 및 형상 거동 현상, 소재 유동(Metal Flow), 성형성 등에 대해 살펴 보았다.

1I. Dome Forming 해석 및 결과 검토

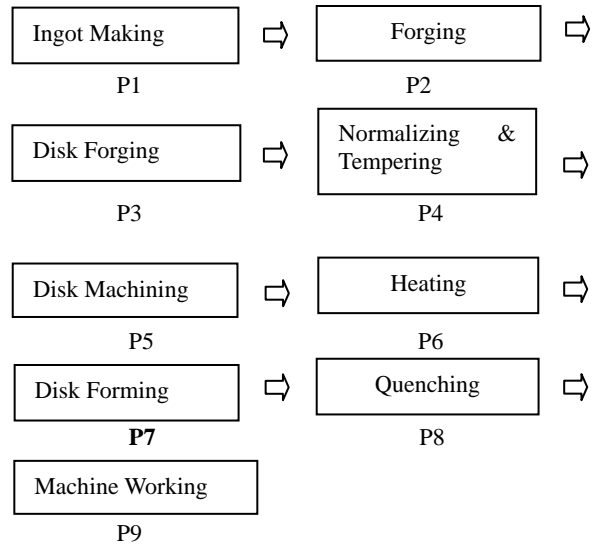


Fig. 2 Schematic diagram for disk forming

Fig. 2 는 Dome 제작을 위한 제조 공정을 도시 하였다. 모든 공정이 중요하지만 P7 공정인 Disk Forming 에서의 단조 공정이 제품의 치수와 형상을 결정하는데 가장 중요한 역할을 하는 공정으로서 여러 가지 단조 변수²들 (압하량, 상하다이 조합/사이즈, 단조 온도, 다이각도 등)에 대한 적절한 조합이 최종 제품의 성패에 영향을 준다.

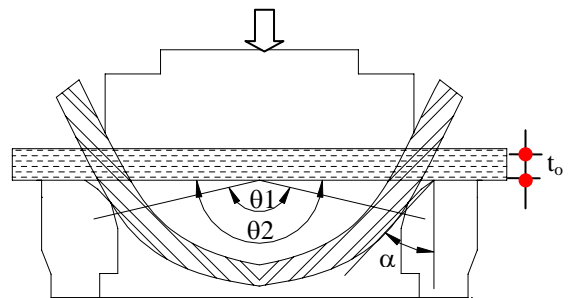


Fig. 3 Feature of preform and production according to radial angle(θ_1 , θ_2)

Fig. 3 은 초기 Preform 을 하부 Ring die 에 세팅 후 상부 Dome die 로 프레스 할 때 최종 제품의 Radial angle(θ_1 , θ_2) 정도에 따라 제작 난이도가 크게 달라 질 수 있다. 이는 초기 Preform 두께(t_0), 상부 Dome 다이 형상, 하부 Ring 다이 각도(α)등의 영향을 받게 된다.

해석을 위한 초기 조건은 제품의 상측부 평행부 각도가 2 가지 경우($\theta=150^\circ, 180^\circ$)와 다이의 압하속도는 초기 50mm/s 이고 최종 단계는 10mm/s 인 가변속도를 주었고, $\theta=150^\circ$ 인 경우 초기 Preform 두께를 $t_{01}mm, t_{02}mm$ 로 하여 해석 하였다. 구체적인 초기 해석조건은 다음의 Table 1 에서 보여주고 있다.

Table 1 Analysis condition for simulation under isothermal state

Angle	Stroke (mm)	Velocity (mm/s)	Friction	Temperature	Remark
$\theta=150^\circ$	*ST1 (* t_{01})	$V_0=50$ ~ $V_0=10$	0.5	1,000°C	2-D
	ST2 (t_{02})				
$\theta=180^\circ$	*ST3				2-D & 3-D

* t_{01} , t_{02} Initial preform thickness($t_{01} < t_{02}$)
 *ST1, ST2, ST3 : Die stroke(ST1<ST2<ST3)

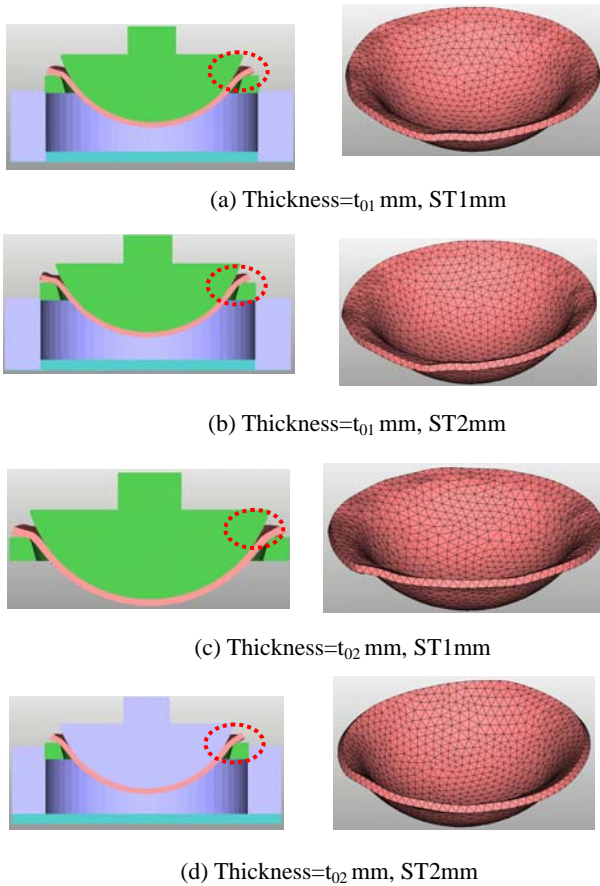


Fig. 4 Feature of material in accordance with thickness and stroke

Fig. 4 는 제품의 상측부 요구 각도(θ)가 작은 경우에 대해 소재두께와 압하량에 따른 변형 거동 양상을 살펴 보았다. 전체적으로 보면 동일 소재 두께에서 압하량이 커질 경우 소재 끝단이 수직으로 서는 정도가 큰 양상을 보이며, 동일 압하량에서 소재 두께가 커질 경우 접촉 부위에서의 소재 두께가 작아짐으로 인해 접촉부위에서의 치수 만족 정도에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

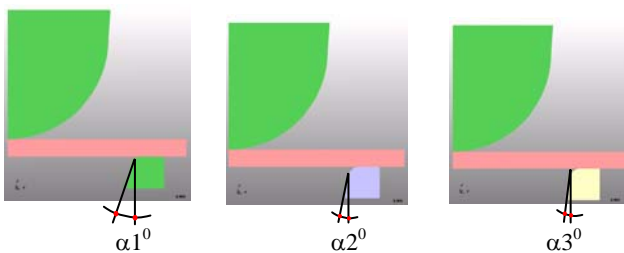


Fig. 5 Variation of angle of lower die($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$)

Fig. 5 는 Disk forming 의 단조 변수 중 하부 다이와

소재사이에 접촉하는 다이의 각도변화시 접촉면의 소재 변형에 대해 살펴 보았다.

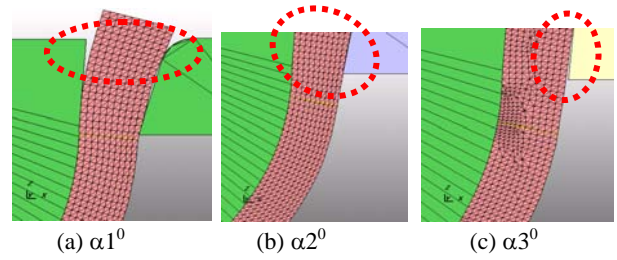


Fig. 6 Behavior of material in accordance with die angle

Fig. 6 은 하부 다이 각도($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$)에 따른 접촉 부위에서의 소재 거동 변화를 살펴 보았다. 하부 다이의 각도 변화에 따라 최종 압하 단계에서 소재와 다이간 접촉 공간에 밀착 정도가 다르게 나타나고 있으며, 가장 적절한 각도는 α_2 에서 양호한 소재 거동을 보이고 있다. 이는 최종 압하 단계에서 상하 다이 간의 소재 유동(Metal Flow)을 원하는 방향으로 유도 하기 위해서는 적절한 다이 각도 설정이 중요한 의미를 가짐을 시사한다.

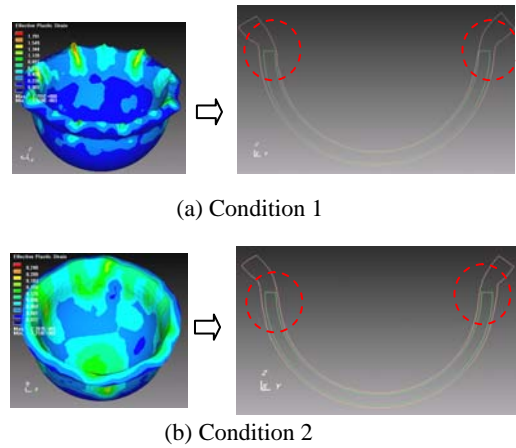


Fig. 7 Feature of folding after disk forming

Fig. 7 은 두 가지 조건에 대해 Disk forming 후의 제품 상단의 주름 상태와 치수 만족 정도를 보여주고 있다. 이처럼 단조 변수들을 어떻게 설정하느냐에 따라 최종 제품의 치수 만족도와 생산성 등에 지대한 영향을 미치므로 적절한 단조변수 설정의 중요성을 알 수 있다.

4. 결론

- 1) 압하량 보다는 초기 소재 두께 변화에 따라 상하 다이 간 접촉부에서 두께 변화에 다소 더 큰 영향을 준다.
- 2) 제품 상측의 각도(θ)가 클 경우 단조 변수들을 고려하여 상측의 주름 현상과 치수 만족 정도를 위한 세심한 공정 설정이 필요하다.
- 3) 소재의 두께 변화와 금형의 형상이 소재 변형 및 성형성에 중요한 영향인자로 작용하며, 본 해석을 통해 금형의 설계 변수를 설정 할 수 있었다.

참고문헌

1. J.R. Cho, W. B. Bae, "Study for Operation Forging & Quenching Condition of LP Rotor", 한중기술연구보고, 1-5, 1998
2. Taylan Altan, S. I. Oh, "Metal Forming, Fundamentals and Applications", 1-5, 37-99, 1983.
3. H. Nagasako, K. Tokuno etc., "Development of Manufacturing of Forged Primary Head with Integral Support Lugs", 1-6, 1995