

분말압분체의 전단변형 시 치밀화와 파괴에 대한 소성역학적 해석
(Analysis of Densification and Fracture during Shear
Deformation of Powder Compacts)

충남대학교 김형섭*

1. 서 론

복잡한 형상의 실제 부품의 분말야금법을 이용한 성형공정에서, 금속 및 세라믹 분말의 압분거동은 이후의 소결공정에 큰 영향을 미치므로 분말의 압분 시의 응력, 변형률, 밀도 및 밀도분포를 잘 예측할 수 있는 적절한 구성모델의 선택이 매우 중요하다. 금속분말 압분의 경우에는 압력에 의존하는 치밀화를 잘 기술하는 부드러운 항복함수에 기초한 다공질재료의 소성구성모델이 정립되어 많이 사용되고 있다. 한편, 토양과 암반과 같은 geomaterials에서는 정수압에 의한 치밀화보다는 전단응력에 의한 파괴가 더 중요시되어, 토질역학 (soil mechanics) 분야에서 Mohr-Coulomb의 파괴기준 및 이를 수정한 Drucker-Prager/Cap type model이 많이 이용되고 있다.

그러나 최근에는 금속이나 세라믹 분말의 소재성형 공정에서 정수압이 아닌 전단응력을 주로 가하여 치밀화와 더불어 결정립미세화 효과를 이루고자 하는 시도가 많이 되고 있다. 그 대표적인 공정이 ECAP (equal channel angular pressing)과 Torsion-compression공정으로, 분말의 표면산화막을 극복할 수 있는 장점이 있으나, 금속의 분말에 적용되고 있는 다공질소성모델로서는 전단파괴를 고려할 수 없는 단점이 있다. 따라서 치밀화해석을 위하여 개발된 다공질소성모델, Eq. (1),과 전단파괴를 고려하는 토질역학의 파괴기준, Eq. (2),을 결합할 필요가 절실하다.

이번 연구에서는 분말의 치밀화거동에 관한 몇 가지 대표적인 구성이론을 비교하고, 전단이 주로 가해지는 응력상태에서의 치밀화 거동을 이론적으로 고찰하였다. 이러한 이론적 고찰은 더 적은 수의 매개변수 만으로도 치밀화 거동을 더 잘 예측할 수 있는 구성모델의 개발과 이를 이용한 유효요소해석을 수행하여 균일하고 치밀한 압분공정을 이룰 수 있는 방안을 제시해줄 것이다.

2. 이 론

$$F = \left[(2 + R^2)J_2' + \frac{1 - R^2}{3} J_1^2 \right]^{1/2} - \left(\frac{R - R_c}{1 - R_c} \right) \sigma_s = 0 \quad (1)$$

$$F = q - p \tan \beta - d = 0 \quad (2)$$

위에서 p 는 정수압응력, q 는 von Mises 유효응력, d 는 cohesion, $\tan \beta$ 는 friction angle (또는 cohesion angle)이다. J_2' , J_1 은 각각 2차편차응력불변량과 1차응력불변량, R 은 상대밀도, R_c 는 임계상대밀도, σ_s 는 기지재료의 항복응력이다.

참고문헌

1. D.N.Lee, H.S.Kim, Powder Metall. 35 (1992) 275
2. H.S.Kim, Mater. Sci. Eng. 251A (1998) 100.
3. C.Gu, M.Kim, L.Anand, Int. J. Plasticity 17 (2001)147.

후 기

본 연구는 과학기술부의 21세기 프론티어연구개발사업의 일환인 '차세대소재성형개발사업단'의 연구비 지원으로 수행되었습니다.