

알루미늄 파우더 패드를 부착한 층상형 빌렛의 압출성 평가 Evaluation of the extrudability of layered billet with aluminum powder pads

*이정민¹, 이상진¹, #김병민², 조훈³, 조형호³

*J. M. Lee¹, S. J. Lee¹, #B. M. Kim(bmkim@pusan.ac.kr)², H. Jo³, H. H. Jo³
¹ 부산대학교 정밀기계공학과, ² 부산대학교 기계공학부, ³ 한국생산기술원

Key words : Layered billet, Aluminum powder pad, Extrudability

1. 서론

냉각기용 콘덴서 튜브와 같이 단면 두께가 0.45mm 이하인 제품은 고압출비로 인해 압출다이설계 및 다이 온도, 속도와 같은 공정조건제어만으로 압출을 성공하기 매우 어렵다. 일반적으로 압출공정동안 하중-변위곡선은 압출초기 급격히 증가하다가 다이 베어링을 통해 압출품이 나오는 순간 최대하중을 나타낸다. 이후 압출품이 나오기 시작하면서 하중은 점차 감소하여 정상상태로 접어든다. 결국 압출동안 다이 내부에서 작용하는 소재의 성형압력은 압출초기에 가장 높으며 압출의 성공 여부는 압출초기 급형에 작용하는 소재의 성형압력에 얼마나 낮출 수 있는가에 달려있다.^{1,4} 이점에 착안하여 압출초기 소재의 성형압력을 낮추기 위해 파우더 패드가 부착된 층상형 알루미늄 빌렛을 채용하였다.

알루미늄 파우더를 빌렛 직경과 동일한 사이즈로 압분한 후, 압출에 사용된 빌렛 앞부분에 부착한다. 이렇게 부착된 파우더 패드는 다이 베어링을 통과하면서 압출 초기 하중을 낮추면 이후의 빌렛의 소재유동을 더 원활히 할 것으로 예측된다. 따라서 본 논문은 파우더 패드가 부착된 층상형 빌렛의 압출성을 평가하기 위해 고안되었다. 압출성 평가는 빌렛 두께와 패드 두께 변화에 대해 수행하였다.

2. 파우더 패드의 제조 및 압출 실험

사용된 분말 소재는 99%알루미늄이며 대기중에서 centrifugal atomization에 의해 평균 150~200 μ m의 입자반경을 가지고 있다. 실린더형상의 분말 패드는 직경 70mm 압축금형으로 200ton 프레스를 이용하여 냉간 컴팩션(Compaction)에 의해 제조되었다. 냉간 컴팩션시 분말 패드의 이론 밀도는 70%가 되게 하였다. 패드 두께가 압출 압력에 미치는 영향을 조사하기 위해 분말패드 두께는 10, 20, 30, 40, 50mm로 제조되었다. Fig. 1은 냉간 컴팩션후 분말패드와 99% 알루미늄 분말을 나타낸 것이다. 패드 두께별 분말 장입량은 Table 1에 나타내었다.

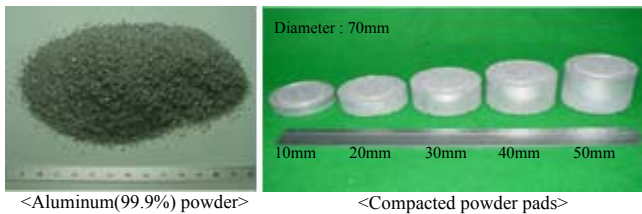


Fig. 1 Aluminum powder (Al 99.9%) and powder pads compacted from 10mm to 50mm

Table 1 Input weights of aluminum powder by thickness of pads

Thickness mm	Input weight g
10	72.7
20	145.5
30	218.2
40	290.9
50	363.7

본 연구에서 사용된 Al1050 과 Al1100 의 빌렛은 용융후 탈가스기(#240)를 이용하여 탈가스되었다. 이것은 에어슬립

연속주조법에 의해 제조되었다. 앞서 제조된 각각의 분말 패드는 제조된 빌렛 앞부분에 부착되었다. 제조된 층상빌렛은 4mm 직경의 로드형태로 450 $^{\circ}$ C에서 수평형 압출기(최대용량 400ton)에 의해 압출되었다. 압출압력은 스트레인 게이지가 포함된 압력변환기(Model PT 3000)를 사용된 압출기의 램에 부착하여 램스트로크(X 축)의 함수로써 오일압력의 변화(Y 축)로 출력하였다. 이용하여 측정되었다. 최대압출압력은 이러한 데이터를 이용하여 계산되었다. 전반적인 압출조건은 Table 2에 나타내었다. SEM 관찰은 압출전후 분말패드의 미세구조와 금속화합물을 조사하기 위해 수행되었다.

Table 2 Conditions of extrusions for layered-billet

trusion capacity	400 ton
it speed	10 m/min
Initial Temperature of tools	400~450 $^{\circ}$ C
Initial Temperature of illet	450 $^{\circ}$ C
illet size	ϕ 70 \times 200mm

2. 압출전후 분말패드의 미세구조

Fig. 2는 압출전 분말패드 단면의 SEM 이미지를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 분말패드 평균입자경 10 μ m 또는 그 이하로 세포형 구조로 되어있다. 또한 Fe, Mn, Si와 같은 불순물은 결정립과 결정립계에 골고루 분포되어있다. 이러한 이유는 분말제조과정 중 급속응고에 의해 합금원소의 기지 내 고용도가 증가하여 입내 및 입계에서의 국부적인 편석이 발생하지 않았기 때문으로 사료된다.

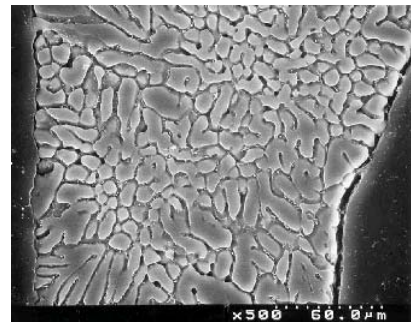


Fig. 2 SEM images in a section of compacted powder pad before extrusion

압출된 분말패드의 시편은 50mm 압출후 4mm 로드의 선단부 10mm 지점에서 채취되었다. Fig. 3은 압출된 분말패드의 미세구조를 나타낸 것이다. 여기서 압출도중에 파괴된 금속간 화합물은 압출방향으로 평행하게 배열되었다. 그것들의 크기는 3 μ m 또는 그 이하이며 구성성분은 WDX 해석에서 Fe, Si와 알루미늄으로 구성된 혼합물인 것으로 나타났다. 이 외에도 금속간 분말사이 결합되지 않은 기공이 미세구조에 관찰되었고 그것은 압출된 분말패드의 연신율을 저하시킬 것이다.

압출된 분말패드의 기계적 특성은 Table 3에 나타내었다. 압출된 분말패드의 인장강도는 132.6MPa로 연신율은 18.3%로 이것은 99.9% 알루미늄 (68.6MPa)의 인장강도와 비교하여 80% 향상된 것이다. 이러한 원인은 기계적 강도

가 압출된 분말패드의 미세구조내에서 고르게 분포된 3 μ m 입장경의 금속간 화합물에 의해 향상된 것으로 볼 수 있다.

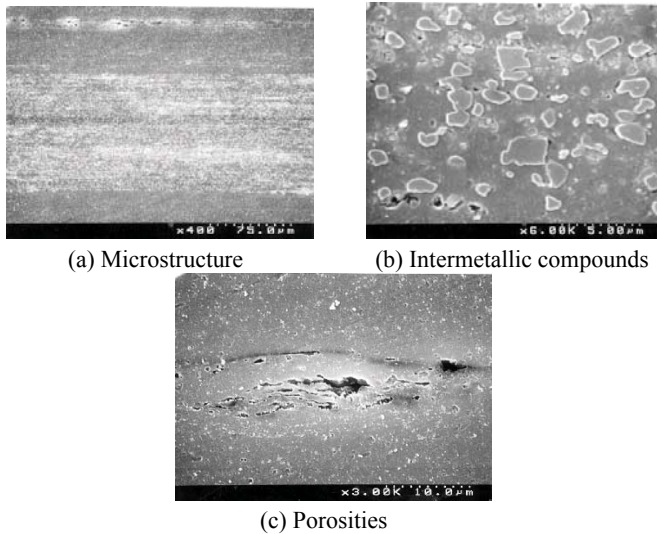


Fig. 3 SEM image in a section of extruded powder pad

Table 3 Results of tensile test for extruded compacts

o. of pecimens	ield strength MPa	Tensile strength MPa	longation
1	86.2	132.3	17
2	85.3	134.3	21
3	85.3	131.3	17
Average	85.6	132.6	18.3

3. 층상형 빌렛의 압출시험 결과

Fig. 4는 각각의 층상형 빌렛에 대한 최대압출하중을 나타낸 것이다. 여기서 초기 빌렛은 200mm 이고 분말패드의 두께는 10mm 에서 50mm 까지 변화시켰다. 시험에 사용된 빌렛은 Al1100 이다. 층상형 빌렛은 분말패드 두께에 따라 압출압력이 분말패드가 없는 빌렛과 비교하여 5 ~ 10%까지 감소되었다. 또한 시험 결과는 압출압력이 분말패드 두께가 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 컨테이너와 소재사이의 마찰이 층상형 빌렛의 길이가 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

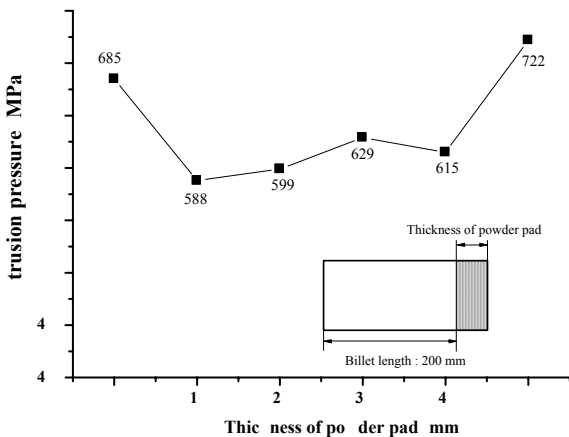


Fig. 4 Maximum extrusion pressures for layered-billet with variations of powder pad's thickness (length of initial billet : 200mm)

Fig. 5는 각각의 층상형 빌렛에 대한 최대압출압력을 나타낸 것이다. 여기서 층상형 빌렛의 총 길이는 분말패드를 포함하여 200mm 로 일정하게 하였다. 압출시험은 Al1100 과 Al1050 에 대해 수행되었다. 결과는 Al1050 의 압출압력이 전반적으로 Al1100 보다 더 높았으며 분말패드 두께가

증가할수록 약간 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 압출 압력 최소화를 위해 분말패드의 특정 두께는 빌렛 길이와 직경에 따라 점차적으로 변화되는 것은 예측될 수 있다. Al1050 에 대해 압출압력은 급격하게 분말패드 10mm 에 대해 감소하였다. 그것은 Al1100 의 압출압력보다 더 낮은 값을 가진다.

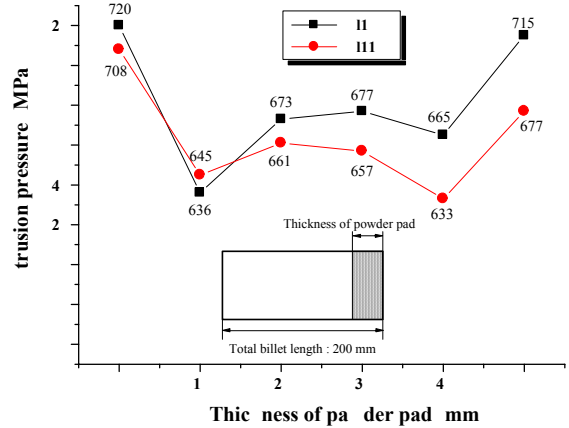


Fig. 5 Maximum extrusion pressures for layered-billet with variations of powder pad's thickness (total length of layered-billet : 200mm)

4. 결론

본 연구에서는 분말패드길이에 따른 층상형 빌렛의 압출압력을 평가하였다. 층상형 빌렛의 총 길이가 분말패드의 길이와 함께 늘어날 경우, 분말패드의 두께가 증가할수록 압출압력은 약간씩 증가하였다. 이것은 컨테이너내와 소재사이의 마찰이 증가하기 때문이다. 층상형 빌렛의 총 길이가 일정한 경우에서도 분말패드가 증가할수록 압출압력은 약간 증가하였다. 이것은 분말성형체가 솔리드 소재에 비해 잘 부서지는 것뿐만 아니라 부서진 후 컨테이너와 마찰이 솔리드 소재에 비해 훨씬 높기 때문이라 판단된다. 그러나 전반적으로 분말패드가 없는 빌렛보다 층상형 빌렛은 약 5~10% 정도 압출압력이 감소하였다.

후기

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터 사업(R15-2006-022-03003-0) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Kurt Laue, Helmut Stenger, Extrusion, American Society for metals, 1976.
2. Kim Y. T., Ikeda K., Murakami. T., "Measurement of Pressure Distribution on Dies in Porthole Die Extrusion," J. of JILM, Vol. 4 , 296-301, 1999.
3. A. Oosterkamp, L. Djapic Oosterkamp and A. Nordeide, Kissing bond phenomena in solid-state welds of aluminum alloys, Supplement to the welding journal, 225-231, 2004.
4. Kojima F., Takenouchi S., Kobayashi H., "A Tendency of Metal Forming for Heat-changer," J. of JSTP, Vol. 42, No. 488, 2-6. 2001.