

알루미늄 부품의 친환경적 정형제조에  
관한 연구

생산기술연구원\*

권혁천, 조형호, 조훈, 임성철\*



# 알루미늄 부품의 친환경적 정형제조에 관한 연구

(The development of aluminum near net shape parts of pro-circumstance)

권혁천<sup>†</sup>, 조형호, 조훈, 임성철(한국생산기술연구원)

## 1. 서론

알루미늄 합금의 가공재 중 압출가공재의 수요는 건축 자재 및 수송기계용 부품의 경량화에 따라 매우 급속히 성장하고 있다. 또한 최근 첨단산업의 발전과 더불어 정형부품의 형상이 보다 복잡하여지고 있으며, 그 수요는 계속 증가하고 있는 실정이다. 더욱이 환경 친화적인 문제에 의해 자동차, 가전제품에서의 냉매교체에 의한 신냉매에 적용될 수 있는 경량화를 위한 정형제품이 수요자에 의해 보다 엄격한 기준의 제조조건으로 요구되고 있다.

우리나라 알루미늄 정형제품의 대부분은 압출재에 의존하고 있으며 건축구조물, 외장재, 가전제품, 수송기기 경량화 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 국내 알루미늄 판재, 성형재의 총수요는 약 90만톤 이상으로서 국내 비철산업 중 가장 많이 소요되고 있는 실정이다. 현재 국내에서 알루미늄 압출재는 대부분 열간압출법으로 생산되고 있으나 윤활제의 사용 등으로 인한 압출재의 오염, 결함 등으로 scrap량이 상당량에 이르고 있다. 현재 국내에서는 압출·단조 등에 의한 정형제품 제조시 윤활제로 Greases, Graphite/solvent, Graphite powder/oil, Graphite powder/water, Oil emulsion, Wax type, Fattening oil 등이 일반적으로 사용되고 있으며, 특수한 경우 Boron Nitride/water 등이 적용되고 있다. 그러나 이들 윤활제들은 정형제품 제조시 윤활 특성 향상에는 기여하고 있으나 심한 smoke 발생으로 작업환경의 오염뿐만 아니라 작업자들의 인체에 유해한 gas를 발생시키고 화재위험 등 환경적인 문제점으로 크게 부각되고 있다. 또한 알루미늄은 국내부존자원이 거의 없으므로 현재 알루미늄괴 또는 Billet을 전량 외국으로부터 수입하고 있는 실정으로 정형제조과정에서 scrap 발생과 불량품 발생을 적극 억제하여야만 한다.

따라서 알루미늄 압출에 있어서 압출재의 오염, 결함 등으로 발생하는 scrap량을 저감시키고, 알루미늄 정형부품의 품질 및 생산성 향상을 동시에 만족시키는 청정화 및 친환경적 생산이 가능한 무윤활·무산화 압출기술을 개발하고자 하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1 합금설계 및 Billet의제조

본 연구에서는 알루미늄 합금의 압출생산성 및 수율에 미치는 압출 공정 인자들의 영향을 조사하기 위하여 경질 상용 A5052 합금과 A7003합금을 대상소재로 하여 압출온도 및 압출비를 변화시켜 압출을 행하였으며 A5052합금에 Fe, Cr의 함량을 변화시키고 Ti을 첨가한 합금을 설계, 제조한 후, 압출성에 미치는 첨가원소의 영향을 관찰하였다.

빌렛의 제조는 고주파 유도로를 이용하여 금형 주조하였으며, 제조된 합금을 A5052의 경우 500℃에서 12시간, A7003합금의 경우 480℃에서 8시간 균질화 처리하였다. 압출가공에 적합하도록 70φ×80mm와 70φ×200mm의 크기로 기계가공하여 압출용 빌렛으로 제작하였다. Table 1은 A5052합금과 Fe, Cr

그리고 Ti을 변화시켜 제조한 빌렛의 화학조성을 나타내었다. Table 2는 합금원소를 변화시켜 제조한 A7003합금의 화학조성을 나타낸 것이다. Mg 0.5~1.0wt%, Zn 5.0~8.0wt%, Si 0.4~0.7wt %로 변화시켜 증경질 상용A7003합금의 개량을 시도하고 압출성지수를 측정하였다.

Table 1 Chemical composition of A5052 billets for extrusion experiment.

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	Al
상용A5052	0.25	0.40	0.10	0.10	2.2 ~ 2.8	0.15 ~ 0.35	0.10	-	-	REM
Base alloy	0.25	0.2	0.1	0.1	2.5	0.15	0.1	-	-	REM
#1	0.25	0.4	0.1	0.1	2.5	0.15	0.1	-	-	REM
#2	0.25	0.2	0.1	0.1	2.5	0.25	0.1	-	-	REM
#3	0.25	0.2	0.1	0.1	2.5	0.15	0.1	0.1	-	REM

Table 2 Chemical composition of A7003 alloy.

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	Al
상용7003	0.30	0.35	0.20	0.30	0.50 ~ 1.0	0.20	5.0 ~ 6.5	0.20	0.05 ~ 0.25	REM
개량7003	0.4 ~ 0.7	0.35	0.15	0.30	0.5 ~ 1.0	0.20	5 ~ 8	0.20	0.12	REM

## 2.2 압출온도 및 압출비에 따른 압출압력의 변화

압출기의 컨테이너 크기는 70φ×400mmL이며, 컨테이너의 가열이 Firomax 열선을 사용하여 임의로 제어가 가능한 수평형 열간 압출기를 사용하여 압출을 행하였다. 압출온도 400, 450, 500℃에서, ram speed를 34.7mm/sec로 일정하게 하고 다이스 직경을 8φ, 12φ, 20φ로 변화시켜 압출실험을 행하였다. 본 실험에 사용한 다이스는 plat형으로 SKD 61의 재질로 제작하였다. 빌렛의 온도 조절을 위해서 가열로 내에서 각각 400℃, 450℃, 500℃로 유지한 후 1시간동안 가열하였고 이때의 컨테이너 온도는 400℃, 다이스 및 더미의 온도는 상온으로 유지하였다. 슬리브의 온도는 컨테이너 상부에 K-type thermocouple을 삽입하여 측정하였다. 합금원소를 변화시켜 제조한 빌렛을 압출하는 경우에는 압출온도 450℃에서 압출을 하였다. 압출압력의 측정은 strain gauge가 내장된 압력 변환기(Model PT 3000)를 압출기의 ram에 부착하여 X축에는 ram의 변화, Y축에는 유압의 변화가 표시되는 X-Y기록계를 이용하였다. 이때 측정된 압력값을 이용하여 최대 압출 압력을 계산하였다.

## 2.3 압출성 지수의 평가

상용 A7003합금, A6063 합금 그리고 개량된 7003합금을 약 480℃에서 8시간 균질화 열처리한 후 빌

렛으로 가공하여 동일한 조건에서 압출을 행하고 압출성 지수를 측정하였다. 빌렛의 예열온도는 약 350℃에서 450℃로 50℃간격으로 변화시켰으며 압출비는 각각 13, 23, 36, 52로 변화시켰다. 압출속도는 압출과 중에서 빌렛이 컨테이너 내에서 Off-Set 된 후 Dies 출구를 통하여 나오는 속도를 측정하였다. A6063의 압출속도와 압출성지수를 측정하고자 하는 합금의 압출속도를 비교하여 측정하였다.

## 2.4 압출생산성 및 특성 평가

A5052합금의 압출공정에 따른 수율 및 압출생산성을 관찰하기 위해 식(1)의 분자항의 수율과 분모항의 실제 압출시간을 측정하였고 압출전의 빌렛중량과 압출 후 압출재와 Discard의 중량을 측정하였다. 또한 기계 Idle 시간은 예열온도 및 작업시간을 고려하여 2시간으로 하였다.

$$\begin{aligned} \text{압출생산성} &= \frac{\text{압출제품중량}}{\text{시간}} \\ &= \frac{\text{사용빌렛중량} - (\text{discard중량} + \text{압출재waste량})}{\text{실압출시간} + \text{기계idle시간}} \times \text{가동율} \quad \text{-----(1)} \end{aligned}$$

미세조직 관찰은 압출재의 중간 부분에서 채취한 시편을 연마 후 Poulton's reagent에 chromic acid[5]와 질산을 용해한 부식액을 사용하여 부식한 후 광학현미경을 이용하여 조직을 관찰하였다. 또한 압출재에 대한 표면특성을 관찰하기 위하여 표면조도측정기(일본 Kosaka laboratory LTD.)를 이용하여 압출재의 표면조도(Ra)를 측정하였다.

## 2.5 직/간접 압출 system에 의한 생산성의 비교

직/간접 압출에 대한 압출압력의 변화를 알아보기 위해 압출조건을 Ram speed 34.7 mm/sec와 압출온도를 450℃로 하여 열간 압출하였으며 직접압출은 plate type 다이스, 간접압출은 conical type을 이용하였다. 또한 직/간접 압출에 대한 압출생산성을 평가하기 위해 식(1)을 인용하여 비교 평가하였다.

## 2.6 고속압출공정

압출온도를 450℃, 압출비 83(다이스 직경 : 8φ)로 하여 ram speed를 34.7mm/sec, 43.1mm/sec, 56.6mm/sec, 66.7mm/sec으로 변화시켜 압출을 행하였다. 그리고 이때의 ram speed에 따른 출구속도를 측정하였다. 또한 각 압출재에 대해 표면조도를 측정하여 고속압출에 따른 표면상태를 분석하였다.

## 2.7 무윤활 및 윤활압출에 의한 생산성 비교 및 평가

상용 A5052합금의 윤활제의 사용여부에 따른 압출생산성을 관찰하기 위하여 graphite oil을 이용하여 무윤활압출과 비교하였다. 또한 윤활유 사용시 발생하는 분진 및 작업환경의 영향을 관찰하였다. 압출조건은 Ram speed 34.7mm/sec와 압출온도를 450℃로 하였다. 압출 후 압출생산성 및 압출재의 수율을 비교하였다.

## 2.8 무산화 압출기술

압출속도와 압출온도를 낮추지 않으면서도 압출재표면의 결합생성을 억제하기 위하여 압출재산화억제장치를 설계 및 제작하여 결정입자의 조대화 방지기술을 개발하고자 하였다. Fig. 1은 본 연구에서 설계 및 제작한 압출재 산화억제장치의 모식도를 나타내었다. 다이스 출구를 빠져나온 압출재 표면에 액체질소를 분무하여 압출재를 동적재결정이 일어나지 않는 온도범위로 냉각하는 방법에 의해 결정립을 제어하였다. 액체질소장치는 20 liter용기로 액체질소의 분사를 위하여 분사기구를 설치하였다. 또한 압출재의 균일한 분사 및 압출 직후 최소한의 시간에 냉각시킬 수 있도록 분사장치를 제작하였다.

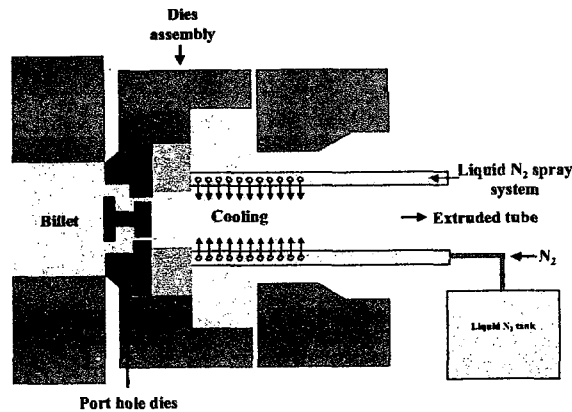


Fig. 1 Schematic diagram of nitrogen spray system.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 압출비, 압출온도에 따른 압출압력 및 생산성과의 관계

중경질 A5052 합금을 대상으로 하여 압출생산성과 수율에 미치는 압출조건(압출비 및 압출온도)의 영향을 조사하였다. 압출온도에 따른 A5052 합금의 압출성 평가를 위해서 압출기의 ram speed를 34.7mm/sec, 압출비 83(다이스 직경 : 8φ), 압출온도를 400℃, 450℃, 500℃로 변화시키며 직접열간압출을 행하였다. 이때 압출온도에 따른 압출압력과 압출속도를 관찰하였다. Fig. 2는 각 압출온도에 따른 최고 압출 압력변화를 나타낸 결과이다. 일반적으로 압출속도가 일정할 경우, 압출온도(T)와 압출압력(P)과의 관계는 다음의 실험식[6]  $P = A \cdot \exp(-\lambda T)$  (A와  $\lambda$ 는 재료와 실험조건에 따른 상수)으로 나타낸다. 본 실험의 결과, 압출압력의 변화는 압출온도가 높아짐에 따라 실험식과 같은 경향으로 감소함을 알 수 있다. 이 압출압력의 감소는 압출온도가 증가할수록 재료의 항복응력이 작아져 압출시 재료의 변형이 쉬워지기 때문인 것으로 생각되어진다.[6] Fig. 3은 A5052합금으로 일정한 압출온도와 압출속도에서 압출비를 각각 83(8φ), 37(12φ), 13(20φ)으로 변화시켜 그에 따른 압출압력의 변화를 측정된 그래프이다. 압출비가 커질수록 압출압력이 증가함을 알 수 있었다. A5052합금의 압출공정에 따른 회수율 및 압출생산성을 식(1)을 이용하여 구하였다. 분자항의 수율과 분모항의 실제압출시간을 측정하기 위해 압출전의 빌렛중량과 압출 후 압출재와 Discard의 중량을 측정하였으며 실압출시간은 출구속도를 계산

하여 1m나오는데 걸리는 시간을 측정하였다. 또한 기계Idle 시간은 예열온도 및 작업시간을 고려하여 2시간으로 하였다. Fig. 4에 압출비에 따른 압출온도별 생산성을 나타내었다. 압출온도가 높은 경우에는 생산성은 높으나 압출재 표면에 결함이 발생할 가능성이 높아지고, 압출비가 작은 경우에는 압출재의 기계적 강도가 저하하므로 압출비와 압출온도를 적절히 조합하여 최적의 조건으로 압출을 행하여야 한다. Fig. 5는 압출에 의해 제조된 직경 8φ의 압출재를 나타낸다. 압출온도에 따른 압출재의 표면은 육안에 의해 큰 차이점을 관찰 할 수 없었으므로 이를 표면조도기를 이용하여 표면조도(Ra)를 측정한 결과, 압출온도 400, 450, 500℃에서 각각 평균 0.371, 0.466, 0.522 $\mu$ m로 압출온도가 낮을수록 표면은 우수하였다.

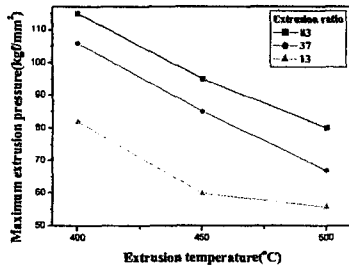


Fig. 2 Relationships between maximum extrusion pressure and extrusion temperature with extrusion ratio

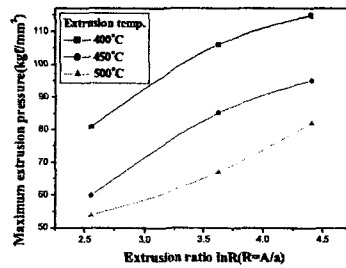


Fig. 3 Relationships between maximum extrusion pressure and extrusion ratio with extrusion temperature

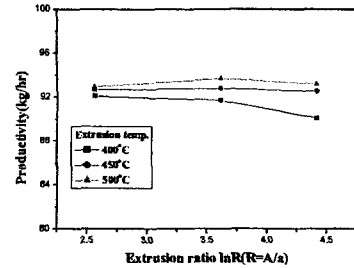


Fig. 4 Relationships between productivity and extrusion process parameters

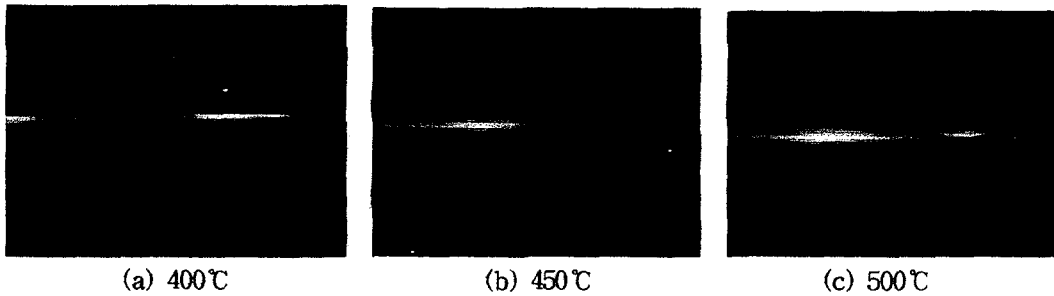


Fig. 5 Extruded A5052 alloy with extrusion temperature.

### 3.2 첨가원소에 따른 압출성 지수의 변화

Fig. 6에 A5052합금에 Cr, Fe, Ti의 원소를 첨가한 경우의 압출압력의 변화를 나타낸다. 첨가원소인 Cr, Fe, Ti의 첨가에 의해 압출압력은 증가하고 Cr, Ti의 첨가에 의한 증가가 Fe의 첨가량의 변화에 의한 증가보다 크게 나타나는데 이것은 Ti의 첨가에 의한 조직미세화의 영향으로 생각되어진다.

중경질 A7003 합금의 합금원소중 Mg 0.5~1.0wt%, Zn 5.0~8.0wt%, Si 0.3~0.7wt %로 변화시켜 빌렛을 제조하고 압출을 행하여 합금원소에 따른 압출성지수의 변화를 관찰하였다. Fig. 7은 합금원소의

첨가량에 따른 최고압출압력의 변화를 나타내었다. Si의 첨가량이 0.3에서 0.7wt.%로 증가할수록 압출압력은 570Mpa에서 424Mpa로 감소하였으며 Zn의 첨가량이 5.0에서 8.0wt.%로 증가할수록 압출압력은 640에서 650Mpa로 10Mpa 증가하였다. Mg의 첨가량이 0.3에서 1.2wt.%로 증가할수록 압출압력은 572에서 629Mpa로 60Mpa 증가하였다. 중경질 A7003 합금의 압출압력에 미치는 합금원소의 영향을 조사한 결과 Si와 Zn의 첨가는 압출압력을 감소시키거나 약간 증가시킴을 확인할 수 있었으며 압출압력은 Mg의 첨가량 증가에 의해 비례적으로 증가함을 확인하였다. Mg의 첨가량을 0.5%, 0.8% 그리고 1.0%로 달리하여 제조한 합금을 대상으로 압출비 및 압출온도를 달리하여 압출을 행한 후 압출성지수의 변화를 측정하였다. 본 실험에서 얻어진 압출성 지수는 상용A6063을 기준(100)으로 상용A7003은 77, Mg 첨가량을 0.5%, 0.8%, 1.0%Mg으로 변화시켰을 경우 각각 83, 77, 73이었다. Mg의 첨가량을 줄이고 Zn과 Si의 첨가량을 증가시켜 기계적인 강도의 저하없이 압출성지수가 8% 증가한 중경질 A7003 합금을 제조할 수 있었으며 압출성지수의 향상에 의해 압출 생산성 및 수율의 향상 그리고 에너지 소비 저감등의 효과를 기대할 수 있다.

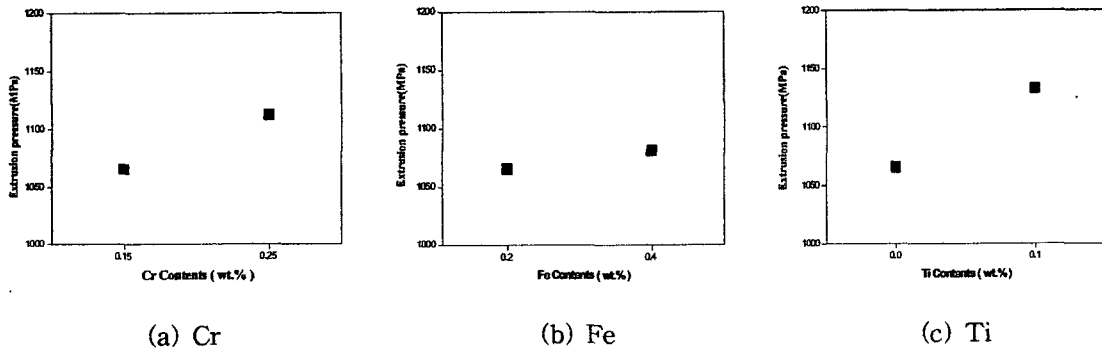


Fig. 6 The change of extrusion pressure with increasing of alloy elements

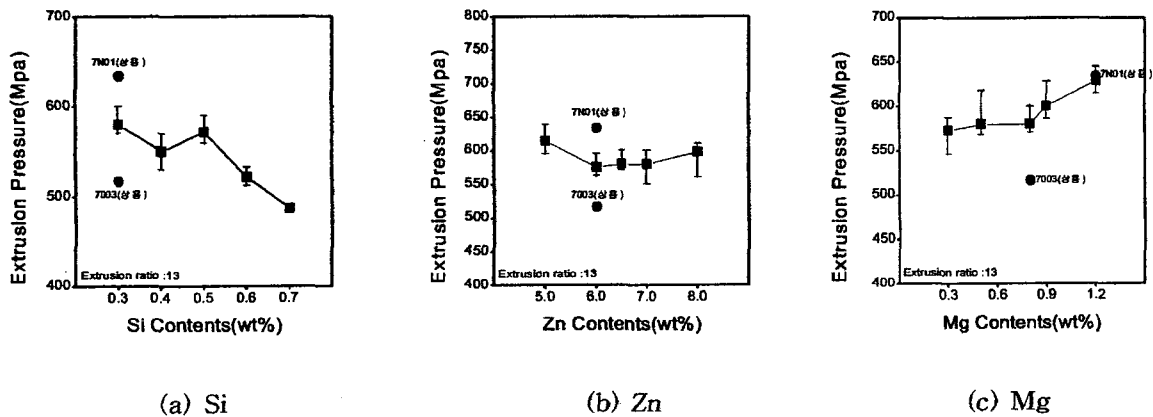


Fig. 7 The change of extrusion pressure with increasing of alloy elements



### 3.3 정밀정형 튜브 제조기술

단면이 하모니카 모양이고, 두께가 0.5 mm 이하인 알루미늄 다공 압출 튜브는 가전용 냉방기기 및 자동차용 냉방기기의 콘덴서에 적용되고 있으며, 가전용 냉방기기의 이베퍼레이터(evaporator)에의 채용도 연구되고 있다. 한편, 이러한 냉방기기용 부품은 제품의 특성상 알루미늄, 동(Cu)과 같이 열효율이 우수한 소재를 주로 사용하며, 또한 열효율을 향상시키기 위해서 구조적으로 박막 다공의 형태로 설계된다. 콘덴서의 경우 기화된 냉매가 압축·액화되면서 발생시키는 열을 빠른 시간 내에 방출시켜야 하기 때문에 가급적 냉매와의 접촉면적을 증가시켜 주는 구조로 설계되어야 한다. 이를 위해서는 가급적 얇고, 많은 홀(hole)을 가지는 구조가 바람직하다고 알려지고 있다.

이러한 정밀정형 콘덴서 튜브 압출을 위해서는 통상적으로 Conform 압출법이 사용되었으나 Conform 압출법은 불량율이 20%이상으로 수율이 저조하고 압출장치가 고가인 단점이 있으며 제조가능형상의 제약이 많은 단점이 있으므로 본 연구에서는 직접압출법에 의하여 정밀정형 콘덴서 튜브 압출기술을 개발하였다. Fig. 8은 본 연구에서 A1100 합금을 이용하여 Billet 예열온도 450℃, 압출온도 430℃, 다이스 예열온도 350℃에서 무윤활 직접압출법으로 제조한 정밀정형 콘덴서 튜브 압출재의 외관을 나타내었다.

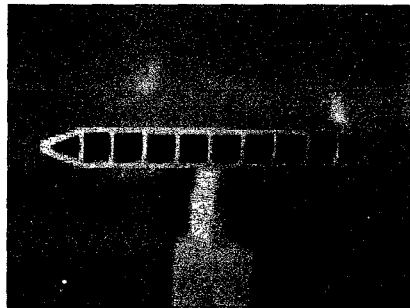


Fig. 8 Transection of condenser tube.

### 3.4 고속압출조건의 확립

일반적으로 고속압출은 출구속도가 80~100m/min의 속도를 의미한다. 본 실험에서는 압출온도를 450℃, 압출비 83(다이스 직경 : 8φ)로 하여 ram speed를 34.7mm/sec, 43.1mm/sec, 56.6mm/sec, 66.7mm/sec으로 변화시켜 압출 하였다. 그리고 이때의 ram speed 에 따른 출구속도를 측정하였다. 그 결과를 Fig. 9에 나타내었다. Ram speed 34.7, 43.1, 56.6, 66.7mm/sec에서의 출구속도는 각각 43.5, 60.5, 79.3, 87.3m/min으로 본 연구에서는 Ram speed 56.6, 66.7mm/sec로 압출하였을 때 고속압출이 가능하였고 경질 A5052 합금을 대상으로 하여 압출온도 450℃, 압출비 83 그리고 Ram speed 56.6mm/sec의 최적조건에서 표면불량 없이 87.3m/min까지의 고속압출이 가능하였다. 통상적으로 A5052, A6061, A7003 과 중경질 이상의 합금에서는 고속으로 압출할 경우 형체의 표면이 나빠지기 때문에 저속(20m/min이

상)이 되어 압출 cycle은 길고, 압력저하는 작아진다. 그러므로 본 연구에서 얻은 고속 압출 기술을 적용하면 생산성 향상에 기여할 수 있다.

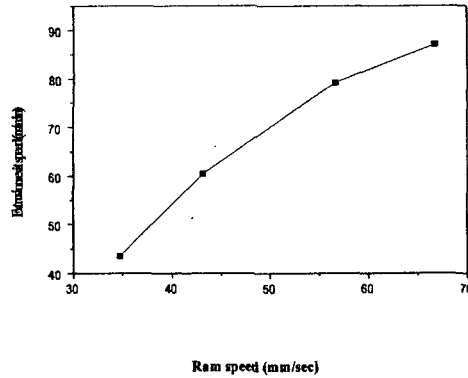


Fig. 9 Variation of exit extrusion speed with ram speed at extrusion temperature 450°C, extrusion ratio 83

### 3.5 열간 무윤활 고속압출기술 확립

윤활재의 사용에 따른 압출압력 및 작업환경에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 A5052 합금의 경우 graphite oil을 이용하여 윤활 압출을 행하였다. 압출조건은 압출온도 450°C, 압출비를 13으로 하였으며, ram speed를 10으로 고정하여 실험하였다. 그 결과, Fig. 10에서의 같이 윤활압출의 경우 압출압력이 감소하는데 이는, 윤활압출의 경우 빌렛과 슬리브 사이의 마찰에 의한 압출압력의 증가를 윤활제인 graphite oil이 감소시키기 때문으로 판단된다. 또한, 윤활재의 유·무에 따른 압출생산성은 각각 92.8, 92.5(Kg/hr)로 큰 변화를 보이지 않지만, 이러한 윤활압출의 경우 압출조업시 윤활 oil 의한 것으로 보이는 연기 및 화재 등의 발생으로 인해 작업환경에 악영향을 미치는 것이 관찰되었다. 따라서, 압출조건 확립을 토대로 무윤활 압출을 행함으로써 작업환경의 개선을 이룰 수 있음을 알 수 있었다.

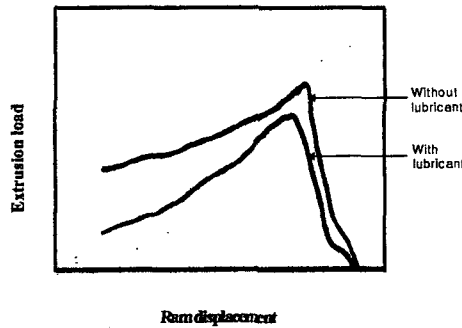


Fig. 10 Exit extrusion pressure with lubricant extrusion and without lubricant extrusion at extrusion temperature 450°C, extrusion ratio 13

### 3.6 압출방식에 따른 생산성 및 수율의 변화

압출방식(직접/간접)에 따른 압출생산성을 비교하였으며 결과를 Table 3에 나타내었다. 간접압출의 적용에 의해 직접압출법에 비해 압출생산성 및 수율이 향상됨을 알 수 있었다.

Table 3 Relationships between Productivity and direct/indirect extrusion

압출온도 및 압출비	압출조건	압출전 빌렛중량(kg)	실압출시간(sec)	Discard중량+ 압출재 waste중량(g)	수율(%)	압출생산성(kg/hr)
450℃ 12%	무윤활/ 직접압출	2.063	7.03	205.1	90	92.8
	무윤활/ 간접압출	2.064	6.4	204.2	90.1	92.9

### 3.7 무산화 압출공정에 의한 결정입자 조대화 방지기술 개발

압출속도와 압출온도를 낮추지 않으면서도 압출재표면의 결합생성을 억제하기 위하여 압출재산화억제장치를 이용하여 결정입자의 조대화 방지기술을 개발하고자 하였다. 압출재 표면을 질소냉각장치에 의해 냉각하여 표면결정립의 크기를 제어하고 조대결정립의 생성을 억제하였다. 질소냉각 장치의 적용에 의해 표면결정립의 평균크기가 30%이상 감소하였음을 확인하였으며 미세조직 관찰결과를 Fig. 11에 나타내었다. 압출온도와 압출속도가 증가할수록 표면결정립의 평균크기가 증가함을 확인할 수 있었다. 그러나 냉각장치의 적용에 의한 결정립의 감소효과는 크지 않았으나, 향후 질소냉각장치의 분사압력을 제어할 수 있는 분사장치의 제작 및 액화질소가 기화되기 전에 분사할 수 있는 장치의 제작에 의해 좀 더 심도 있는 연구가 필요하다.

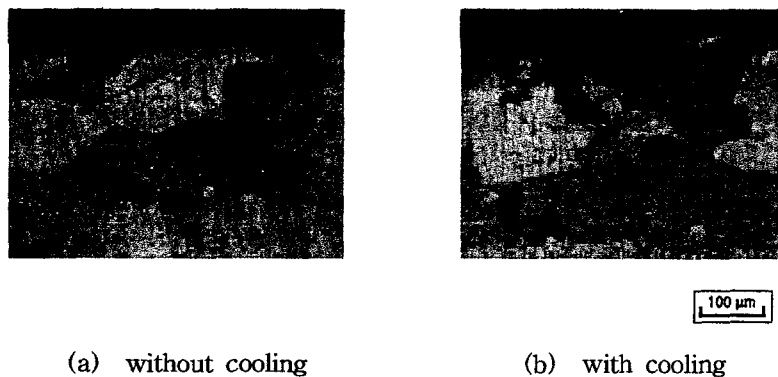


Fig. 11 Microstructure of A7003 extruded tube

## 4. 결 론

(1) 중경질 A5052 합금을 대상으로 하여 생산성과 수율에 미치는 압출조건(압출온도 및 압출비)의 영향을 조사한 결과 압출비가 낮을수록 그리고 압출온도가 높을수록 수율과 생산성이 향상되었다. 그러나 압출온도가 높을수록 표면조도가 나빠지고 압출비가 낮을수록 압출재의 기계적인 강도가 저하하므로 최적의 압출조건을 선택하여야 한다.

(2) 첨가원소에 따른 압출성 변화를 관찰한 결과, 1.2 Mg의 함량을 줄이고 Si와 Zn의 함량을 증가시켜 기계적인 강도의 저하없이 압출성 지수가 8% 향상된 개량 A7003 합금을 제조하였다.

(3) Billet 온도 450℃, 다이스 예열온도 350℃, 압출온도 430℃에서 직접 압출공정으로 압출한 결과, 최적의 정밀정형 형상의 컨테이너 튜브를 제조할 수 있었다.

(4) A5052 합금을 대상으로 하여 압출방식에 의한 압출생산성을 조사한 결과 간접압출방식의 적용에 의해 압출생산성이 92.8kg/hr에서 92.9kg/hr로 증가하였다.

(5) 중경질 A5052합금을 대상으로 하여 압출온도 450℃, 압출비 83 그리고 Ram speed 56.6mm/sec의 최적조건에서 표면불량 없이 87.3m/min까지의 고속압출이 가능하였다. 압출성지수가 60이상인 중경질 합금의 일반적인 압출속도가 20m/min이하인 것을 감안할 때 고속압출기술개발에 의해 생산성 향상효과를 기대할 수 있다.

(6) 윤활압출공정의 적용에 의해 생산성 및 수율이 증가하였으나 압출치구 및 압출재의 표면에 불순물들이 생성되고 압출시 윤활 lubricant에 의한 smoke 및 gas의 발생으로 인해 환경에 악영향을 미치므로 윤활제의 사용을 제한하여야 한다.

(7) Port hole dies를 이용하여 Tube 형상의 A7003 합금 압출재를 제조하는 경우, 압출온도 500℃, 압출속도 16m/min 이상에서는 미접합부위 및 결정립 조대화등의 압출결함이 발생하였으나, 본 연구에서 제작한 압출재 냉각장치의 적용에 의해 표면 결정립의 평균크기를 30% 감소시키는 효과를 얻을 수 있었다.

## 참고논문

1. 渡邊修一郎, 齊藤勝義, 岡庭茂 : 輕金屬, 40, (1990), 278
2. 武直辛, 尾岐昌保, 長降郎 : 塑性と加工, 34, (1993), 1332
3. W.Johnson, British Iron and steel Research Association Report. No. MW/E/55/54
4. Dr-Ing. KURT LAVE : HELMUT STENGER "EXTRUSION", p112, 132
5. Metal handbook 9th : "Metallographic Techniques and Micro structures", 352~354
6. Yu. I. Kukushkim : "Methods of Rasing the Extrudability of Aluminum Alloy by Optimization of composition, structure"
7. 알루미늄의組織의性質 : 日本輕金屬學會, 1991