押出に関する研究 (第6報)

多孔単一孔両ダイスによる押出について*

細 井 吉 一**

STUDIES ON EXTRUSION (PART 6) EXTRUSION BY MULTI AND SINGLE HOLE DIES*

YOSHIKAZU HOSOI**

It is generally considered that, although greater forces are required to squeeze several extrusions by the same reduction percentage, from a big billet, than to squeeze single extrusion from the billet, the pressure per unit area of the surface of the extrusion is smaller in the case of the multi-hole die than that of the single-hole die.

However, when the big billet tends to have segregation in it or larger grain-structure in the center part, it is better to use the single-hole die or to make the billet smaller, than to use the single big billet by the multi-hole die.

From the above point of view the authors made a series of experiments to investigate mechanical properties of the various extrusions by multi and single-hole dies.

Billets of pure Pb and 99.80% aluminium, 30mm dia. 40mm long as cast, were extruded by the same reduction percentage, at various temperatures, and through multi-and single-hole dies, and the different effects of two kinds of dies on extrusion pressure, flow of extrusions, and their hardnesses, as well as the effects of annealing of the extrusions on softenings and electrical resistances, were investigated.

The results obtained are as follows:

1. Extrusion pressure and hardness of the extrusion by multi-hole die are generally higher than those by single-hole and the difference becomes larger in the case of extrusion at lower temperatures.
2. Observing the flows of the extrusions, in the case of extrusion at high temperature they are about the same by both dies, but in the case of extrusion at low temperature, the extrusions by multi-hole die are affected (deteriorated) by the end part of the billet.
3. The hardness of the extrusions by multi-hole die is generally high, however, in order to obtain the extrusions of uniform hardness, it is prerequisite to keep the proper extrusion temperature and suitable setting of the positions of outer holes of the die.
4. Softenings and changes in electrical resistance of the extrusion due to annealing resemble to those of cold worked metals.

(Received May 1, 1956)

1. 緒 言

一定ビレットから一本の棒材を押出すより、同一加工率で数本の細い棒材を押出す方が、押出流動等から考察して相当大なる押出力が必要となろうが、一本のかかる細い棒を同一ビレットより押出すよりも、押出圧力は小さく、また経済的である。したがって一般に多孔ダイス

が利用される。

しかしながら、ビレット製作において偏析するとか、ビレット中心の結晶粒粗大化のおこる大きいビレットを用いる場合には、多孔ダイスを用いるよりも、単一孔ダイスを用いたりビレットを小さくする方が、好ましいものと思われる。

著者等は以上の観点から 一定加工率の単一孔、多孔

* 1956年6月本会名古屋大会に発表 ** 金沢大学助教授

* Read at the Meeting of Jap. Inst. of Light Metals, at Nagoya, June 1956

** Kanazawa University

ダイスを製作し、純 Pb および 99.80 % Al の金型 鑄造ビレットを用いて押出を行い、押出行程-圧力曲線および最高圧力を比較し、さらに流動の観察、棒材の硬度分布、焼鈍による軟化状況について比較調査したので、これらの結果について報告する。

Fig. 1 Multi-hole Die

2. 実験方法

実験装置は第1報¹⁾に詳述したので省略するがビレットは30mmφ×40mmとし、鑄造のまま、約27 mm/min で押出し、潤滑剤は Pb には乳化油、Al には機械油と黒鉛の一定混合比のものを用いた。

使用した多孔ダイスの寸法は、Fig. 1 に示したが、ダイス平行部はなく、6 mmφの孔にたいし同図の如き勾配をつけた、減面比は3.57、加工率は72%である。

これにたいし単一孔ダイスは減面比、加工率が同一になる如くし、ダイス原形は Fig. 1 と同じで、ダイス角は90°、平行部長さは6 mmとした。

3. 実験結果と考察

3.1. 押出圧力について

純 Pb について、上記両ダイスによる常温押出圧力-

Fig. 2 Ext. Pressure-stroke Curves of Pb Extruded at Room Temp. by Multi and Single Hole Dies.

行程曲線を示せば Fig. 2 の如くである。

単一ダイスによる方が、約 2 kg/mm² の押出圧力の低下がみられ、押出尾部ではコンテナ隅の効果が顕著にあらわれるが、多孔ダイスでは、隅の効果は小さいことがわかる。

押出圧力差は、多孔ダイスに平行部を設ければ、さらに大となるであろうが、ビレットをダイス表面で7箇の流れに分割させるための仕事に費され、またこの圧力増加がコンテナ内面への圧力増加をきたし、それによる摩擦力を増大させるためであろうと思われる。

Fig. 3 Ext. Pressure-stroke Curves of 94.80% Al.

Fig. 3は Al の押出圧力行程曲線である。単一孔ダイスによるこの種曲線についてすでに報告²⁾したが、押出温度によりその形状を変化し、500°C以上において Pb のそれと類似の形状となる、同図500°Cの曲線は Fig. 1 と類似し、隅の効果を示す。

多孔ダイスによる曲線の押出初期の圧力上昇のおくれはビレットの流動すなわち7箇の流れの分割に困難をともなうからであろう。したがって押出温度低下により、ますますおくれの傾向がみられ、隅の効果はみられない Fig. 4 は同曲線より最高圧力をもとめ、多孔、単一孔ダイスによる最高圧力と押出温度の関係を示したものである。同図によれば、低温押出では両ダイスによる圧力差は大となり、高温になるにつれて僅少になることがわかる。本実験はラム速度 27mm/min の場合で、一般に速度増大により押出圧力の増加をきたすことから、実際の押出においては相当の圧力差をおこすものと思われる。

Fig. 4 Max. Ext. Pressure-ext. Temp. Curves of 99.80% Al. Extruded by Multi-hole and Single hole Dies.

3.2. 押出流動の観察

押出温度、加工率、ダイス角等が押出流動に大いに影響することは既に報告³⁾したので、本報では500°C押出、多孔、単一孔ダイスによる流動について考察する。

Photo. 1は押出残部ビレットをふくめ、棒材縦断面のマクロ組織をしめしたものである。

Photo. 1 Macrostructures of 99.80% Al Extruded at 500°C (a) by Single-hole Die, (b) Multi-hole Die. $\times 1.0$

同図(a)は単一孔ダイスによる場合で、前報³⁾と同様ダイスとコンテナ隅に滞留部があり、これと隣合つて巾のある細い層流部がある、この巾の中心線にしたがつて最高硬度の嶺がある。

これにたいし多孔ダイスによる流れは同図に示す如くである。

中心孔からの流れは、ビレット中心部のみが流れているものと思われるが、外側孔ではビレット外周部からの流入が多く、したがって外側棒の流動中心が内側に偏んでいることがわかる。

これは好ましいことでなく、外側孔をさらに外周近くなるよう設計する必要がある。すなわち各孔に流入す

Photo. 2 Macrostructure of 1 mm apart from Die surface in 99.80% Al Remaining Billet Extruded at 500°C by Multi-hole Die. $\times 1.2$

るビレットの体積中心に設ける必要があると思われる。

多孔ダイスによる各棒材の流動は、単一孔ダイスの場合から推察できるが、500°C以上の押出ではダイス面近傍までのビレットの流動は単一孔ダイスによる場合のそれと、ほとんど同一の傾向を示すことは次にのべる硬度測定の結果から考察できる。

押出温度が低下すれば、ビレットの尾部深く多孔ダイスの影響がおよび、ビレットの流動が複雑となり、加工のうけ方も大となる。したがって押出圧力も上昇する。

Photo. 2は多孔ダイスによる押出ビレット残部のダイス面から1 mmの横断面のマクロ組織である。

半円内の鋸形状の巾のある線は単一孔ダイスの場合の層流部に相当する部分で、後者では巾の中心線が最高硬度の嶺を示したが、前者では孔相当部の内側すなわちビレット中心側の硬度が高い。

3.3. 棒材の硬度分布

硬度測定は両ダイスによる500°C押出棒材縦断面について、残部ビレットをもふくめ、Vickers 硬度計により測定した。

Fig. 5は単一孔ダイスによる硬度分布で、Photo. 1(a)とを対比すれば押出進行により、滞留部、層流部、鋳造部の発生移動状況が明かで、中心部の鋳造部はダイス面に近づくにしたがつて軟化し、一方層流部の発生により流れ中心に最高硬度線の存在することがわかる。また滞留部は低硬度を示す。

孔付近にいたり鋳造部は硬化、層流部は棒材外周にそつて流れ、幾分軟化するが、棒材断面では中心部が軟く外周が硬化する結果となる。

Fig. 6は同一条件で多孔ダイスにより押出したときの断面硬度の分布を示したものである。

同図……でしめしたのはダイス面から約2 mm部分の横断面硬度を測定したもので、単一孔ダイスの場合と同一傾向を示す。マクロ組織の観察により、押出温度の低下により、上記傾向はビレット尾部にうつり、多孔ダイスの影響が顕著になる。

Fig. 5 Distribution of Hardness of 99.80% Al Extruded at 500° by Single-hole-dies.

Fig. 6 Distribution of Hardness of 99.80% Al Extruded at 500° by Multi-hole-dies.

—は棒材硬度で、中心棒は単一孔ダイスによるのと類似するが、外側棒は不均一硬度を示す。これは流動状況から考え外側棒の流れ中心が内側にかたよつたためであり、外側部の層流部が巾のあつたのにたいし、内側にも存在すると思われる層流部は巾もせまく、非常に強加工を受けたための結果とおもわれる。

外側棒はいずれもこの不均一硬度を示すことから多孔ダイスの孔中心の位置の選定に充分の考慮が必要となる。

3.4. 棒材の焼鈍軟化について

一般に金属は冷間加工により加工硬化することは周知の事実であるが、熱間加工においても、硬化の程度は温度上昇とともに低下し、硬化の原因が冷間加工のそれと全く同一に説明できないとしても、硬化の存在することはみとめられており³⁾、著者等も押出棒の硬度が押出

温度に影響されることはすでに報告した。

したがって、かかる硬化した棒材を焼鈍すれば冷間加工材の再結晶現象の如き類似の軟化現象がおこるのであることは期待できる。

熱間加工材の再結晶現象について、加工中に再結晶をおこすとするもの⁶⁾また再結晶をしなかつたとするもの⁷⁾等、色々の報告をみるが、加工の種類、加工温度、加工速度、加工後の冷却速度等が複雑に原因するためでないと思われる。

いずれにしても常温に冷却された熱間加工材がその後の加熱によつて、再結晶能力を示すことは事実のようである⁷⁾。

一般に押出棒が、その特性發揮のため、押出後熱処理を施されるのを考慮し、押出材の焼鈍軟化の現象を探究するのは、上記熱間加工材の加熱挙動が明かとなり、また押出特性發揮の処理基準がわかり、さらに熱間加工時の変形機構についても何等かの端緒を得られるのではないかとの見地から、著者等は各種押出条件と軟化現象の関係を研究した。

これらの結果によれば、軟化過程は冷間加工材の再結晶現象と類似の変化を示す。

Fig. 7 V.H.N.-annealing Temp. Curves of 99.80% Al Extruded at 400° and 500° by Multi and Single Hole Dies.

Fig. 8 Specific Resistance-annealing Temp. Curves of 99.80% Al Extruded at 400° and 500° by Multi and Single Hole Dies.

したがって本研究の多孔、単一孔ダイスによる棒材も焼鈍による軟化過程に相違があるうとの考えから、その軟化過程を硬度、電気抵抗の測定により比較した。

試料は、単一孔ダイスによるものは棒材中心および外周より5 mm角の試料を切り出し、その各々を多孔ダイスによる棒材の中心および外周棒に対応させて比較した。焼鈍はいずれも低温度から15minの繰返し加熱である。

Fig. 7は400°, 500°で両ダイスにより押出した棒材の外側のほぼ中央断面の軟化曲線で、押出温度が重ければダイスの種類にかかわらず軟化点は高温にあらわれ、同一温度押出では、多孔ダイスによる棒材の軟化点は低温にうつる。

軟化の機構については目下検討中で、これらの軟化傾向は棒材の硬度と関係があり、したがって加工のうけ方によるものと考えておく。※

これらの軟化傾向は同一処理した試料の常温抵抗にもあらわれるべきである。

Fig. 8は抵抗変化に示したもので、軟化点に対応する抵抗低下のあることがわかる。

多孔ダイスによる棒材は、押出温度が低ければ外側棒

中心棒ともに低温に抵抗低下点があられ、同一押出温度では外側棒の低下点が低温に移動する。

これら現象は軟化曲線から予測できるが、単一孔ダイスによる中心部分の抵抗変化には異常があり、抵抗の山がある。

この傾向は再現性がないことから、押出中棒材中心部に巻き込まれた不純物の挙動によるものと考えられる。

したがって山の存在をないものと考えれば、次の抵抗低下開始点は、多孔ダイスによる中心棒のそれよりも高温側にずれていることがわかる。

以上の諸結果から、同一加工率でも、多孔ダイスによるものは、軟化点が低温側にうつることがわかる。

4. 総括

一定ピレットを用い、同一加工率の多孔、単一孔両ダイスにより押出を行い、押出圧力、押出流動、棒材硬度焼鈍軟化の現象を比較した。これらを総括すれば次の如くである。

1. 多孔ダイスによる押出圧力は一般に高く、押出温度が低くなければ、その差は大となる。
2. 多孔ダイスによる流動観察により、押出温度高ければ、ダイス面近傍まで単一孔ダイスによる流動とほとんど相違はないが、押出温度低ければピレット尾部に多孔の影響をおよぼす。
3. 多孔ダイスによる棒材硬度は高く、とくに外側孔の位置の選定に考慮を要する。
4. 押出棒材の焼鈍軟化の傾向は冷間加工材のそれと類似し、押出温度が低く硬度の高い多孔ダイスによる棒材は軟化点が低く、抵抗変化もこれに対応する。

終に本研究遂行にあたり御指導御鞭撻いただいた東京工大教授山田良之助博士、森永卓一博士に厚くお礼申し上げます。また実験に協力された教室員湯川守君、実験当時、専攻科学生であつた南邦夫君、清水幸夫君に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 森永、細井、湯川、本誌、**15**(1955~5), 31
  - 2) 森永、細井、外、本誌、**15**(1955~5), 39
  - 3) 森永、細井、本誌、**15**(1955~5), 50
  - 4) W. A. Wood, W. A. Rachinger, J. Inst. Metals **76**(1949~50), 237
作井、佐々木、佐藤、日本金属学会誌、**19**(1955) 663
  - 5) H. Hanemann, Stahl u. Eisen, **47**(1927), 48
  - 6) F. Sauerwald, L. Michalsky, G. Neuendorf, Arch. Eisen Hütte, **11**(1928), 717
  - 7) 大日方、畑、日本金属学会誌、**6**(1942), 258
- * 未報告
※ 硬度の高い棒材の軟化点は低温である。