純 Al 押出棒の焼鈍軟化について(第3報)

ビレット豫備加熱の影響

細 井 吉 一*

Yoshikazu Hosoi: Softening of Pure Aluminium Extruded Rod due to Annealing (III). On the Effect of Preheating the Billets. The probable effect of preheating the billets to be extruded on the extrusion pressure, the distribution of hardness in the rods and the softening of the rods due to annealing was studied. From the results of the measurements of the extrusion pressure etc., it was found that a higher temperature was required for extruding as-cast billets than preheated ones.

(Received May 2, 1956)

I. 緒 言

押出棒材は押出後焼入処理により、その特性を示す。特性改善には合金元素に影響されることはもちろんであるが、熱処理条件すなわち焼入温度が問題となる。焼入温度はつねに合金系の種類と押出温度を考慮されねばならない。

押出温度よりも高温から焼入すれば再結晶がおり、棒材結晶は粗大化し、危険をまねくおそれのあることは考えられる⁽¹⁾。これが防止のためには押出温度を高めるとか、ビレットの豫備加熱を充分長くすればよいとの小久保博士の説明もあるようである。

著者は前報⁽²⁾で純 Al 押出棒の再結晶によると思われる焼鈍軟化の現象と押出条件の関係を報告したが、上記の見地からビレットの豫備加熱が軟化に影響をおよぼすものと考え、純 Al (99.8%) についてビレット豫備加熱の効果の研究した。

II. 実験方法と試料

ビレットの作成には、31 mmφ×32 mmφ×70 mm の常温金型にできるだけガス吸収を少くして溶解した 99.8% Al を 700~750° から鑄造した。

これより 30 mmφ×50 mm のビレットを削り、350°, 500° の温度で 1, 3, 6, 10 hrs の豫備加熱を行い押出した。

押出装置、押出方法、棒材の冷却などは前報で詳細にのべたので省略する。

押出温度は 425°, 押出前の加熱は 15 min, 使用ダイスは圓形(加工率 74.6%, 第1報参照)で、押板は平押板、押出速度は 25 mm/min とし、潤滑剤には機械油と黒鉛の一定混合比のものを用いた。

測定は、まず鑄造のまゝのビレットの硬度分布を Vickers 硬度計で測定し、断面マクロ組織を観察後、豫備加熱による硬度変化、結晶粒度を測定した。

ついで押出壓力を測定し、さらに棒材の硬度分布の測定

から、豫備加熱の効果を検討し、これら試料を 100° ごとに低温度から 30 min 繰返し焼鈍を行い、断面外周および中央部附近について軟化状況を測定した。

試料は熱効果を均一にするため、厚さ 5 mm とし、熱容量の大きい電気爐で焼鈍した。

III. 実験結果と考察

1. 豫備加熱によるビレットの變化

ビレットは急冷され、断面は金型外周から方斜状に結晶成長をおこし、ビレット上下において、發達には差がみと

められない。

×1.3

Photo. 1 Macrostructures of 99.80% Al billet as cast.

×100

Photo. 2 Microstructures of 99.80% Al billet as cast.

Photo. 1 はビレット中央の縦 (a)、横 (b) 断面のマクロ組織で、ビレットを数断面で切断し、各断面について鑄造のまゝの硬度を測定した。外周、中心ならびに上部は V. H. N. 1~2 の高硬度を示すが、平均して V. H. N. 21.8 である。

また Photo. 1(b) の 1~2 で切断し矢印方向から観察した組織は Photo. 2 の如くで、その平均粒径は 0.066 mm である。

以上のビレットを 350°, 500° で 1, 3, 6, 10 hrs 豫備加熱後の硬度は、両温度

* 金澤大學工学部機械工学科

(1) 大日方, 輕金屬とその加工法, 1953, 日本金屬學會編

(2) 細井, 本誌, 20(1956), 439; 443.

ともに低下し、500°の効果は大で 6 hrs 加熱で完全に軟化する。これにたいし粒度はほとんど変化なく、両温度ともに、10 hrs 加熱でわずかが増大する程度である。

Fig. 1 はこの関係をしめたものである。

2. 押出 圧 力

鑄造のまゝのビレットを各種温度で押出す場合、押出圧

Fig. 1 The effect of preheating time on V.H.N. and grain size of 99.80% Al billets.

出温度が低下すれば塑性變形をまし、ビレットの流れが外周から中心部にすい込まれてゆく現象などから、前者同様押出初期に最大壓力に達するとしても、素材内部の塑性變形による加工硬化や内部摩擦の影響をうけるために、押出進行によるビレットとコンテナとの摩擦力の減少以上に押出力が必要になるためであろうと思われる⁽³⁾。

以上のことから、鑄造のまゝで押出すとき本実験条件(425° 押出)では Fig. 2 の—○—○—線の形をとるが、ビレ

Fig. 2 Ext. pressure-stroke curves of 99.80% Al (Ext. temp. 425°).

の効果が大きで所要壓力は小さい。

Fig. 3 は押出所要最高壓力とビレット預備加熱時間の関係を示したもので、硬度変化と對應している。

3. 棒材の硬度分布

押出棒は一般に頭部は軟く尾部は硬化し、断面中心より

力-行程曲線の形状は變化し、500°以上の押出で、押出初期に最大壓力に達したのち、一旦急低下、押出進行とともにコンテナとビレットとの摩擦の減少に原因する壓力低下をきたす。これに反し、500°以下の押出では最大壓力に達する行程がながく、壓力増加はゆるやかになる。押

ット預備加熱により、その効果はあたかも鑄造のまゝのビレットを約 500°で押出した如き壓力-行程曲線を示す。Fig. 2 の 2 曲線はこれを示す。

425° 押出においては 500° 10 hrs 預備加熱

外周が硬化する。これらの傾向は押出条件によりことなるが、ビレット預備加熱により如何なる影響を示すかを測定した。

Fig. 3 Relations between max. ext. pressure and preheating time of 99.80% Al (Ext. temp. 425°).

Fig. 4 The effect of preheating the billets on V.H.N. of 99.80% Al extruded at 425°.

は低い。さらに 500°、10 hrs 加熱したものは、頭部、尾部ともに軟化するが、硬化勾配はさらに低下することがわかる。

鑄造のまゝの押出では、押出温度が高ければ硬化勾配が低下すること⁽⁴⁾から、預備加熱により鑄造のまゝのビレットをさらに高温で押出した棒材の如き硬度分布を示すことになり、押出壓力におよぼした影響と同一効果をあたえる。

Fig. 5 は特定断面につき、ビレット預備加熱の効果を示したもので、Fig. 3 の押出壓力におよぼした効果と類似する。

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硬化するが、熱間加工においても硬化の程度は小さく、硬化の原因が冷間加工のそれと同一とは考えられないが、硬化することはみとめられて

(4) 森永、細井、軽金属、15(1955-5), 44.

(5) W. A. Wood, W. A. Rachinger, J. Inst. Metals, 76(1949-50), 239; 作井、佐々木、佐藤、本誌、19(1955), 663.

(3) 森永、細井、軽金属、15(1955-5), 39.

おり⁽⁵⁾, 押出棒材も押出温度により硬化の程度のことなることを報告した⁽⁴⁾.

Fig. 5 The effect of preheating the billets on V.H.N. of 99.80 % Al extruded at 425°.

に再結晶をおこすとするもの⁽⁶⁾, 再結晶をしなかつたとするものなど⁽⁷⁾, 色々の報告をみるが, 加工の種類, 加工温度, 加工速度, 加工後の冷却など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⁽⁸⁾.

Fig. 6 V.H.N.—annealing temp. curves of 99.80% Al extruded at 425°.

Fig. 6 は鑄造のまゝのもの 350° 予備加熱のものを比

したがつて, かゝ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であろうことは期待できる。

熱間加工材の再結晶について, 加工中

各種押出条件について報告したが, 本研究においても, ビレット予備加熱があたかも鑄造のまゝのものを, さらに高温で押出したが如き効果を示す結果を得ているので, 棒材各断面について 100° ごとに低温から 30 min 繰返し焼鈍を行った。

Fig. 6, 7 はその一例である。

較した. 断面測定部にかゝらず, 予備加熱により軟化點は高温側に移動する傾向を示し, 予備加熱が鑄造のまゝの

Fig. 7 V.H.N.—annealing temp. curves of 99.80 % Al extruded at 425°.

10 hrs 加熱で曲線は水平となる。

500° 加熱材の焼鈍軟化を示す Fig. 7 によれば, 軟化開始點は前記同様, 加熱時間とともに高温側に移動する傾向はみとめられるが, 200° 焼鈍で硬化の傾向がある. この現象は 350° 加熱と反対で加熱時間の増大により硬化が大となる。

これは微量の不純物によるのではないと思われる. とくに合金棒材の押出にあつては可能な温度範囲で出来るだけ長時間の加熱を行い合金元素を固溶させることがのぞまれる事實から 500°, 10 hrs 加熱でこれら不純物は完全に粒内に固溶され, 焼鈍により析出過程を示すのにたいし, 350° 加熱は不純物が完全に析出の形をとるのではなからうか。

以上の軟化現象よりビレット予備加熱は, あたかも鑄造のまゝのビレットをさらに高温で押出した棒材のそれに對應する軟化を示すことになる。

IV. 總 括

押出棒材は押出温度により硬化の程度はことなるが, 硬化棒材がその後の加熱により如何なる軟化過程を示すかを前報まで主として押出条件の影響について報告した. しかし棒材性質向上にはビレットの予備加熱の必要なことから, これが棒材に如何なる影響をおよぼすかを研究した。

その結果, 予備加熱によりビレット結晶粒度に大した變化はみとめられないが, 硬度は低下し, 所要押出壓力は低く, 棒材硬度の分布も均一性をまし焼鈍により軟化點が高温側に移動する傾向をしめた。

したがつて予備加熱は鑄造のまゝのビレットをさらに高温で押出した如き効果のあることがみられた。

終りに本研究遂行にあたり御激励御鞭撻いただいた東京工大教授山田良之助先生, 森永卓一先生に厚くお禮申し上げます. また實際に協力された教室員湯川 守君, 學生廣田稔君, 塩野 實君に感謝します。

(6) H. Hanemann, Stahl u. Eisen., 47 (1927), 48.

(7) F. Sauerwald, L. Michalsky, G. Neuendorf, Arch. Eisenhütte., 11 (1928), 717.

(8) 大日方, 畑, 本誌, 6 (1942), 258.