

# 鋳物の冷却温度差による鋳造ひずみについて

中 村 康 治

## 1. まえがき

鋳物は溶けた金属が鋳型内の空所に充され、温度降下とともに凝固を始め、大抵の合金の場合ある範囲の液体固体共存域を経て凝固を完了し、冷却して常温に到り鋳型からとり出されて製品となる。この間に固体内での溶入、析出、変態などの固相変化を伴うものもある。寸法精度の高い健全な鋳物製品を作るためには入念な溶解技術のほかこれらの変化の各過程の完全な理解を必要とするが、不完全な平衡のまま変化するこれらの条件を適切に説明づけることは非常に困難で、このため鋳造には長年の経験と勘とを要するといわれるのである。

著者はこの鋳物における複雑な条件の中からそのごく一部である冷却速度差による鋳造ひずみの実測を行つたのでここに報告する。鋳造ひずみは前述のいろいろな条件が影響するが、その中でも液体から固体への変化のときの体積変化および相変化のときの体積変化とともに、この冷却ひずみが大きい要素となる。この前二者をしばらく考慮外において、鋳物の部分的な不均一冷却とそれによるひずみを実測した。

測定は東京軽合金株式会社の援助によつてアルミニウム合金鋳物について行つた。軽合金鋳物は従来鋳物寸法も余り大でなく、また加工素材に提供される場合が多いので特に寸法公差の精密さを要するものが少く、したがつてこれらに関する研究も少いようである。最近電波機械の発達に伴つて短波のレフレクターやスキヤナーなど

がいよいよ大型となり、これらを板金加工、溶接加工によるよりも鋳物の利用が考えられ、ここに大型でしかも機械加工をなるべく少くして寸法精度を要求される鋳物の製作が必要となつた。これらは鋳物の断面が電波の反射に都合のよい式で表わされる面をもち、大体電波の波長の 1/10 の程度の誤差範囲内になければならないので鋳物中におけるひずみあるいは残留応力の制御が問題になる。後者は残留応力による経年変化という形で支障を招き、前者は当然始めから設計上不合格となる。しかもこれらは取付けおよび操作上できるだけ軽量かつ強力でなければならないので鋳造性よく機械的な性質の比較的すぐれた耐食性のある合金をつかつた薄肉鋳物となる。このように大型薄肉鋳物となると本題の不均一冷却によるひずみが大きな因子となる。

本実験は直径 1,500mm で内面が  $y = -\frac{x^2}{2356}$  で表わされる廻転抛物面で肉厚 8mm 深さ約 230mm のパラボリックアンテナの鋳造における冷却速度差およびひずみに関する測定結果である。合金としては Alcan 355 (Si 7%, Mg 0.3%, 残 Al) が用いられている。

## 2. 鋳造ひずみおよび鋳造応力の発生

鋳造ひずみおよび鋳造応力の発生の機構については前に本誌に載せた鋳鉄管の鋳造応力に関する報告にも述べたが少しくわしく述べると、第 1 図は金属の圧縮変形抵抗と温度の関係を概略示したもので、圧縮加工の進むにつれて常温では金属が加工硬化するので変形抵抗

### 表 紙

バック・テンション・ワイヤドローイング  
(座談会記事参照)

### 研究解説

鋳物の冷却温度差による鋳造ひずみについて……………中村 康治… 1  
筑後川の洪水……………(安芸 皎一 昌平… 4  
——河川研究の一方法——……………(井口 高橋 裕  
生コンクリートの側圧について……………佐治 泰次… 7

### 座談会

塑性加工について語る……………福井 伸二 五弓 勇雄… 11  
他、所 員

### 研究速報

むだ時間のある制御系の根軌跡……………高橋 安人… 17  
精密仕上面の酸化層について  
——黒鉛接触子による金属表面の電気抵抗の測定——…松永 正久… 18  
変断面球殻の解……………坪井 善勝… 19

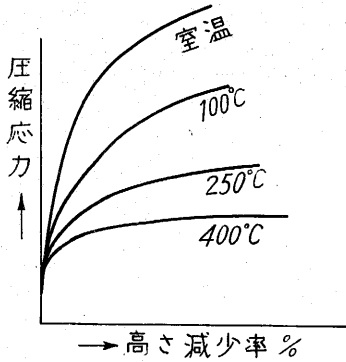
### 旅行記

ヨーロッパ旅日記……………星 埜 和… 20

### IIS NEWS

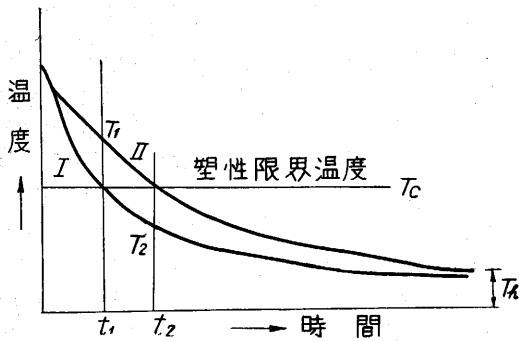
特殊吹精実験室の地鎮祭…………… 22  
軽金属賞受賞…………… 22  
日本学術会議選挙の結果…………… 22

がだんだん大きくなる。加工温度の上昇とともにこの変形抵抗値が低くなりまた加工硬化も少くなり、ある温度になると殆んど完全に塑性的になつて僅かな応力でも変形が行われるようになる。



第1図 変形抵抗と温度との関係

これを理想的にその限界温度以上では金属は完全に塑性的であり、その温度以下では完全に弾性的であるとする。この温度は合金によつて著しく異なるがアルミニウム合金では大体 300°C と考えられる。



第2図 I II部分における冷却速度差

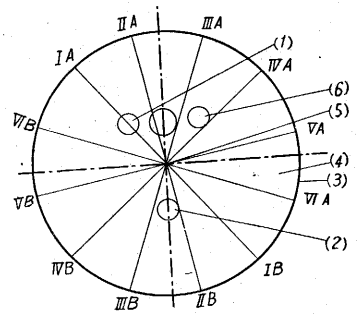
鋳物の2部分が凝固後不均一に冷却するとき第2図に示すように限界温度に達するのに時間的ズレを生じる。冷却とともに長さの収縮を示すのでこの時間的ズレはその部分の長さの差になつて現われる。この場合两部分が塑性的であるときは平均長さを示すが一方が塑性を失つてなお冷却収縮する場合の収縮量の差は塑性部分に集中されてひずみをおこす。両者とも塑性を失つたときから常温までの収縮量の差が変形能力をもたないから残留応力として鋳物の内部に存在することになる。

### 3. 1500 mm パラボリックアンテナの形と冷却速度の測定

鋳物はこの外周に大体同心的に約 40 mm 離れて 1/4 円周づつに分れた湯道が一辺約 40 mm 三角形でとられてある。湯口はこの各湯道に 1 本づつつけられている。この湯道から本体に24ヶの小湯道で連絡されている。本体は上に凸型に土間で鑄造される。砂型は下型が土間ごめ廻し型で作られ、上型は直径約 2 m の枠に廻し型で作られて下型の上に伏せる。

冷却速度は Fe-Constantan 熱電対を用い、鑄造前

に砂型を通して各部分の鋳物中にその先端を鉤ぐるみ、6点自動温度記録計によつて記録せしめた。測定位置は第3図に示すように周縁部(3) 最頂部(5) 上り部(1, 6, 2,) 縁に近い部分(4) につい



第3図 熱電対の位置

て行つた。測定結果を第4図に示す。図にみられるように(3)(4)は最も早く冷却し、(1)(6)は相対的に同位置にあるので殆んど同じ冷却を示す。(2)は始め少し温度が低いがやがて(1)(6)と同じようになる。(3)(4)が限界温度に達したとき(1)(6)はまだ 600°C 以上でやつと凝固を終了したばかりで、(1)(6)が Tc に達したとき(3)(4)はすでに 180°C になつている。

第1表 同心円および放射径の交点におけるひずみ (単位 m/m)

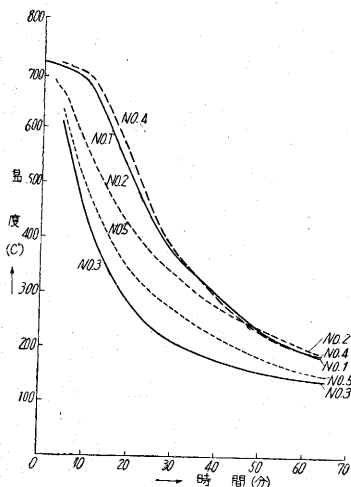
	x	I	II	III	IV	V	VI
A	750.0	-5.6	-2.8	-0.7	2.3	-0.2	-3.7
1	717.5	-4.0	-1.4	0.3	-0.4	-3.0	-3.0
2	628.0	-1.8	0.3	2.8	4.2	0.6	-2.4
3	536.3	-1.3	0.8	2.8	4.1	0.4	-1.8
4	442.2	0.7	1.8	2.9	4.3	0.4	-1.2
5	346.3	-0.7	1.0	1.4	2.6	-0.6	-1.9
6	248.4	0.5	-0.1	0.3	1.0	-1.5	-2.2
7	149.6	-0.4	-0.6	0.4	-0.4	-1.5	-1.3
8	49.9	-0.2	-0.2	-0.1	-0.9	-0.6	-0.4
9	0	0	0	0	0	0	0
10	49.9	-0.8	-0.2	0.1	1.0	0.4	-0.3
11	149.6	0.1	1.7	1.0	1.1	0.1	-1.0
12	248.4	0.8	0.9	0.8	0.3	0.3	-1.2
13	346.3	-1.4	0.9	2.1	1.2	-0.2	-0.9
14	442.2	-1.1	0.6	2.3	3.1	0.9	-0.2
15	536.3	-1.4	-0.5	2.3	2.4	1.0	-0.6
16	628.0	-2.8	-0.3	1.7	2.8	0.1	-1.7
17	717.5	-4.9	-2.2	-0.1	1.0	-1.4	-4.7
B	750	-5.6	-2.8	-0.7	2.3	-0.2	-3.7

### 4. ひずみの測定

ひずみの測定は鋳物の内面に第3図の6直径の射影と、廻転抛物面の原点から直線距離 50, 150, 250, 350,

450, 550, 650  
および 750 mm

半径の同心円を描き、この交点における各直径からの深さを測り、これを式から求めた計算値との比較をとつて求めた。その結果が第1表で第5図はこれを図示したもので、交点における直径の法線の

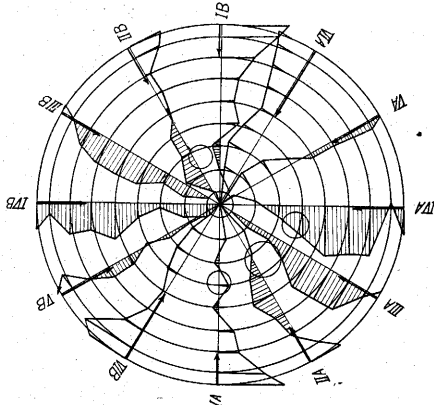


第4図 1,500 m/m パラボリックアンテナの鑄造における各部分の冷却速度

長さをこのひずみに比例して描いたものである。またこの図には各直径の長さと同直径との差を直径の端における矢印の長さで示してある。数値は第2表に示す。

5. 残留応力

この鑄物は形が単純でないで直接残留応力の測定を行うことは困難であるが同心の湯道切断前後のI直径について



第5図 1,500 m/m パラボリックにおけるひずみの分布

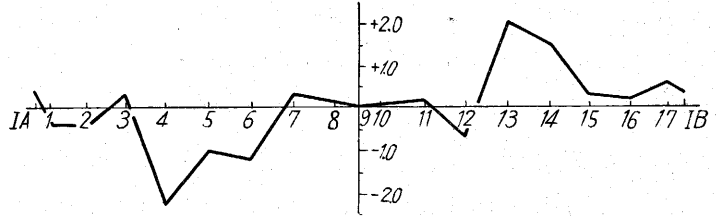
第2表 直径方向のひずみ

直径番号	直径の長さ	設計の長さ	直径ひずみ	半径ひずみ
I	1494.8	1500	- 5.2	-2.6
II	1493.2	"	- 6.8	-3.4
III	1492.5	"	- 7.5	-3.8
IV	1491.7	"	- 8.3	-4.2
V	1490.6	"	- 9.4	-4.7
VI	1487.3	"	-12.7	-6.3

半径ひずみは便宜上ひずみの 1/2 としたがこれも実際は 1/2 ではない筈である。

の深さの変化を測定した結果を第6図に示す。これは湯道と本体との連結部の除去によつて残留応力の形が変化したことによる変形を示すもので本体における残留応力とは関係ないが、この結果から本体における残面応力もかなり大きいことが想像される。

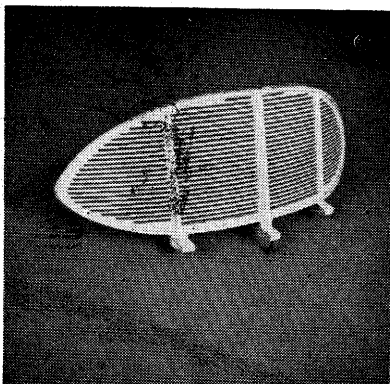
6. 総括



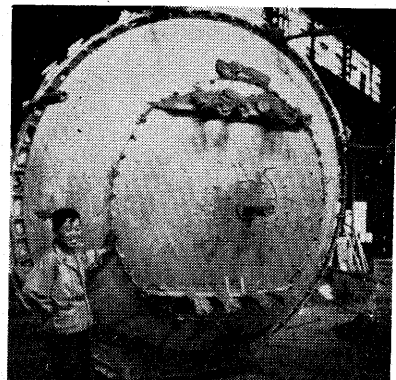
第6図 湯道切断前後のI-I直径上の深さの変化

以上の結果から鑄造ひずみは冷却速度差と密接な関連があることが知られる。すなわち第6図でIII-III直径上には上りがあり、冷却もおそいのに対しVI-VI直径はこれがない。ひずみはVI-VI直径は各点ともマイナスで上りのあるIII-IIIはプラスでしかも上り部は最大を示す。

この冷却速度はその近辺の熱容量すなわち鑄物断面の積分値に支配されることか、らこのような鑄物の場合各部分の熱容量分布を考慮に入れて、例えば湯道上りの寸法および配置、あるいは型砂の部分的な種類の使い分けまたは乾燥程度、砂厚の調整などの方法をとることが考えられる。(1953.11.4)



レーダー用スキャナー(長さ約2m)



大型パラボリックアンテナ(直径3m)