



圖1 溫度對於環形零件及燃氣渦輪外殼零件用鋼及合金100小時持久強度變化的影響。

合適。如溫度達550°C時，則可採用ЭИ415鋼，該鋼在這種溫度下具有高的屈服極限，但是所有這些鋼抗氣體腐蝕的性能均不好，因而要求採用防止氣體腐蝕的保護層。

### 參考文獻

1. Б. С. Курчиан. Точное литье. Москва, Оборонгиз, 1954. 76-82頁。
2. "Metal treatment and Drop forging", 1958, Vol. 25, N152, 191-196頁。
3. Справочник по авиационным материалам. Часть II. Жаропрочные стали и сплавы. Москва, Оборонгиз, 1950. 61-62頁及75-77頁。
4. Ф. Ф. Химушин. Новые жаропрочные стали и сплавы для газовых турбин. "Авиационная промышленность", N11 1957, Москва, Оборонгиз。

曾少潛譯

## 超 輕 泡 沫 鋁

杰克逊研究所研究出一种新材料——泡沫鋁。目前正在考虑它的工业用途。泡沫鋁的主要特性是强度重量比高。

这种材料具有極大的剛性，比重接近香松，并能浮在水面。在結構用途上，它将是一种理想的木材代用品。泡沫鋁有希望用作蜂窩結構、飞机附件、油箱以及各种类型的浮体和隔音板等。它对金屬提供了全新而有趣的設計可能性。泡沫鋁的制造方法已經跨过了試驗阶段。該所的研究工作已經完成，并已进入大批生产的最后阶段。

泡沫鋁的研究开始于1940年，当时的情况是空軍要寻找重量輕的材料，以便加强机翼、尾翼和机身附件。研究所的领导人約翰·杰克逊博士指出了泡沫鋁在这方面的意义。他認為泡沫金屬过去不仅未被發現，而且通常認為是不可能制造的。

但是，他同意进行試制并接受了空軍方面的合同。五年之后，泡沫鋁成为事实。研究工

作大部分是由塑料工艺師約翰·伊利亞特进行的。連續生产在威廉姆S·費勒的指导下取得了一些成就。空軍材料部門的查理斯·坦尼斯监督了计划的执行。

所遇到的問題是独特的。正如費勒所說的：鋁不是固体就是液体。中間沒有粘化阶段(Gooey)。因此金屬中加入發泡剂与試驗泡沫所碰到的情况相同。

### 制造工艺

沒有人奇怪，第一次嘗試，即将空气压入熔融金屬是能够成功的。但泡沫鋁由于气体生成剂扩散到液体鋁中终于制造成功。

使輕質氫化物悬浮液与熔融鋁混合，在适当的溫度下（約657°C時）保持数分鐘，此时氫化物便放出氫气并使金屬泡沫化。在泡沫开始形成时，除去压力。气体形成很快并迅速消失；但在泡沫跑掉之前，用噴水法使金屬淬火。

費勒描述了与烤面包相似的全部过程。当

鋁沿着凹槽滾動時，氫化物即混入其中，它對金屬所起的作用就像酵粉對面团所起的作用一樣。在淬火之後，泡沫鋁很像一個有皮的、粗糙的長面包。

鋁和不同比例的鋁及鎂都可以泡沫化。杰克遜也曾使用過合金，主要是鋁合金 1100，其中含鎂 0-6%，鐵 0-2%，和銅 0-2%。

因為熔點隨合金的成分而變化，故可採用不同的氣體生成劑。推薦的氣體生成劑有鈦和鎢的氫化物，而且鈹和鋰也可採用。需要加壓以防止分解的太快，生成的氣體隨所採用的氫化物而異。

氣泡生成的大小和數量也有所不同，這決定於氣體生成劑的種類和多少，但與溫度和冷卻速度無關。氣泡的尺寸範圍：直徑從 1/64 吋到 1/4 吋。

杰克遜的方法大大地發展了重量和密度不同的材料。現在的密度範圍是 12~14 磅/呎<sup>3</sup>；比預期的要高一些。視比重為 1，與鋁錠的比重 (2.70) 相比為小。此外，其剛性高；缺口沖擊敏感性低；可鍛性高。

### 強度與重量成正比

杰克遜的發言人約翰·戴奧說：泡沫鋁的抗拉強度和抗壓強度與泡沫鋁的重量成適當的比例。如果重 170 磅/呎<sup>3</sup>的鋁錠的強度為 30,000 磅/呎<sup>2</sup>，則 17 磅重的泡沫鋁塊的強度為 3000 磅/呎<sup>2</sup> 的 80~90%。

當材料被壓縮時，可增加其強度。例如泡沫鋁的密度為 17 磅/呎<sup>3</sup>，抗壓強度為 3000 磅/呎<sup>2</sup>；若加壓至 34 磅/呎<sup>3</sup>，則其強度超過 6000 磅/呎<sup>2</sup>。若再進一步壓縮至 30,000 磅/呎<sup>2</sup> (固體鋁的強度)，泡沫鋁將局部地恢復其原有的密度，並且重量幾乎達到 85 磅/呎<sup>3</sup>，為鋁錠密度的 1/2。

泡沫鋁的壓縮並不能破壞其松孔結構，只是松孔的外形有所改變而已。

泡沫鋁不僅可以製成閉孔的不吸水型，而且還可製成開孔的吸水海綿型。據杰克遜報導，

這種浮體材料通常是受歡迎的。它可以製成鑄件，也可製成條材。並可用通常加工木材的工具（帶鋸、夾子、刨刀）進行加工，同樣也可用釘子釘，膠接，用螺釘或螺栓固緊。甚至可以在低於其熔點的溫度下進行釐焊。

### 處理方法

在泡沫鋁能夠像木材一樣保存和使用的情況下，它並無木材所具有的那些缺點。它不腐朽、發霉、燃燒，也不會遭到虫蛀和啃傷。它可以製成密實得像硬木，輕的像香松或軟木一樣的材料，並能鑄成像固體鋁一樣的型材，而且成本低。

完成大規模生產仍存在許多問題，例如密度和尺寸的最後控制。但這已不是試驗室的事情，因為杰克遜研究所並非企業和生產單位。但試驗室仍打算與企業公司合作，繼續用該方法進行研究。

成立不久的泡沫鋁公司 (Foamalum Co) 希望製造專用的型材，例如滑水板和汽化器中用的浮體，儲水箱和廁所用具。

杰克遜建議的一些其它用途有：門、天花板、牆壁和地板用的固體夾心材料；化工設備中控制水平面用的浮體；船舶制品例如冲浪板，



圖 2

魚網浮体，救生圈；防御工事，矿山和船塢用的支柱；飞机結構用的夹心材料，特别是呈双曲綫的蒙皮部分，例如噴气飞机的进气管道。

最后一种用途特别有趣。厚度不均的泡沫鋁板可以压成两边曲度不同的夹心，其整个成型部分的厚度亦不相同。

杜氏化学公司报道了对海軍用泡沫鋁制品的研究情况。杰克逊尚不清楚为什么泡沫鋁的制造原理不能够应用于鋼制品，但希望能在这一

方面进行一些試驗。

杰克逊相信泡沫金屬具有極大的市場潛力，估計在未来的20年內将达到全部金屬的10%。

上圖是由杰克逊研究所生产的面包泡沫鋁的橫截面。这种既强又輕的材料可以制造条材并易于加工和結合。

郑怡琳譯自“現代金屬”1957年10月号  
70頁

## 高溫粉末燒結鋁（一）

作者以“耐高溫的燒結鋁”为题，曾于1951年10月在“鋁”杂志上，簡略地介紹了燒結粉末鋁的新材料。从此以后，燒結鋁的新材料，引起了欧洲和美国的广泛兴趣。关于燒結鋁粉的詳細論述，可于“鋁袖珍手册”（第11版）中查到。在这本書中，对于鋁在高溫时的应用提出了新的見解。

本文将重点叙述燒結鋁粉的特殊性質，同时也考虑了我們自己（指西德）的新的研究和国内外的参考文献。

### 一 什么是燒結鋁粉？

燒結鋁粉是挤压、軋制和鍛压产品的燒結材料，它是由通常起“燒結脩性”（Sintertræge）作用的純鋁粉末制成的。当在典型的粉末冶金中使用顆粒大小为50至200公忽的粉末时，燒結鋁粉是一种由顆粒厚度很小的片狀純鋁粉末制成的燒結产品。粉末的顆粒是被一層氧化鋁包复着的。关于它的成分到目前为止，还没有完全弄清楚。

燒結鋁粉的性質与其他的燒結产品相比较，原則上是各不相同的。这种燒結产品能达到可靠的强度，相当于鑄造状态中使用的金屬。

### 二 燒結鋁粉的特性

燒結鋁粉在室溫下具有与Al—Cu—Mg

时效合金相近的强度。燒結鋁粉不再結晶。因此，在長時間加热至溫度約为500°C后，也不会丧失其原有的强度。燒結鋁粉在400°C时所具有的强度，相当于时效鋁合金在相同溫度下所具有的动力和靜力强度的5倍。燒結鋁粉有比鋁合金高的导热性和导电性以及微小的热膨脹性。

燒結鋁粉是由純鋁制成的，并具有腐蝕稳定性。

因为用漸增的氧化物含量可以調整变形性，鋁有限公司将燒結鋁粉配制成两种不同的質量。就其机械性質和物理性質而言，二者間仅有很小的差别：

1. 制棒材和型材用的，含13~14%氧化物的燒結鋁粉865。

2. 制板材，管材和鍛件用的，含10~11%氧化物的燒結鋁粉895。

### 三 燒結鋁粉的耐热性与純鋁和鋁合金半成品的比較

圖1表明純鋁和耐热鋁合金V的机械性能。它們都是由鑄造螺栓挤压而成的，此外，还可由噴霧狀的粗粉末和細致的燒結鋁粉配制的燒結材料制成。具有0.2%永久延伸率的屈服極限被选作强度的标准。在室溫时，特别是在增高的溫度时（如在400°C时），純鋁（α）