

# B95 合金的鍛造性能与热校正

赵 錦 恩

B95是一种含有鋅的鋁基銅鎂合金，由于它的抗張强度超过了过去的高强度硬鋁Д16，所以又称为超强度鋁合金。这种鋁合金在飞机制造业中，已被用来代替Д16，可供制造机身承力零件如梁、隔框、骨架、長桁、接头以及蒙皮等之用，而且在使用上还有迅速扩大的趋势。本文作者对此种合金作了非常詳尽的論述，所探討的問題也很全面，从合金的性質、鍛造性能到热校正都講到了，特別还引用了一些实际例子和数据，更能帮助大家透澈了解。我們特将全文發表在这里，供同志們参考和进一步的研究。最后，我們認為該厂能積極供稿是对本刊大力支持的表现，除对作者表示感激外，一并致謝！——編者。

## I B95 合金的一般性質

B95 是一种含有鋅的鋁基銅鎂合金，于1939~40年由联联 Б. Е. 伏罗維克 (Воловик) 教授和 С. М. 沃罗諾夫教授創制成功。这种合金，由于它的抗張强度超过了过去的高强度硬鋁Д16，因而又称为超强度鋁合金。我們进行

B95合金热加工之前，首先需要对于这种合金的化学成分，机械性能和物理性能以及各种半成品的技术条件和材料状态，有一概括的認識。今摘要分列于下：

1. B95 合金的化学成分 % (成分略)：
2. 按技术条件所規定的机械性能 (不小于)：

半 成 品 形 状		技 术 条 件	材 料 状 态	$\sigma_B$	$\sigma_{0.2}$	$\delta_{10}$	$H_B$
				公斤/公厘 <sup>2</sup>		%	公斤/公厘 <sup>2</sup>
包 鋁 板 材 厚度按公厘	0.3~10	AMTV253-48	退火(B95AM)	≤25	—	10	—
	0.3~2.5		淬火和人工时效 (B95AT, B95ATB)	49	41	7	—
	2.6~10			50	42	7	—
厚 板 材 厚度按公厘	6.0~10	AMTV277-49	淬火和人工时效 (B95T)	52	45	6	160
	10.1~20			54	48	6	160
	20.1~40			56	49	6	160
挤 压 型 材 厚度按公厘	≤10	AMTV258-48	淬火和人工时效 (B95T)	49	42	6	—
	10.1~20			54	45	6	—
	20.1~40			57	47	6	—
	>40			58	50	6	—
	各种尺寸		焯火(B95M)	≤28	—	10	—
挤 压 杆 材 直徑按公厘	≤22	ГОСТ 4783-49	淬火和人工时效 (B95T)	50	38	7	—
	23~160			54	41	6	—
	>160			52	41	5	—
翼梁模压件		AMTV271-49	淬火和人工时效	54	44	( $l=5d$ ) 7	140

附注：1. 淬火和人工时效后的退火板材，以及在使用厂进行过重复淬火的板材，其机械性能如下：  
厚度为0.3~2.5公厘： $\sigma_B \geq 48$ 公斤/公厘<sup>2</sup>； $\sigma_{0.2} \geq 40$ 公斤/公厘<sup>2</sup>； $\delta \geq 7\%$ ；  
厚度为2.6~10公厘： $\sigma_B \geq 49$ 公斤/公厘<sup>2</sup>； $\sigma_{0.2} \geq 41$ 公斤/公厘<sup>2</sup>； $\delta \geq 7\%$ 。  
2. 直徑大于50公厘的杆材，不經热处理供售，其代表符号即为B95。

3. 个别半成品的机械性能:

半成品  形 状	材 料 状 态	拉 伸								压 力		扭 力			$\alpha_K$	$H_B$	$\sigma_{0.2}$	
		$E$	$\mu$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_B$	$S_K$	$\delta_{10}$	$\psi$	$\psi_B$	$\sigma_{-B}$	$S_{-}$	$G$	$\tau_{0.3}$	$\tau_{max}$				$\tau_{cp}$
条材, 断面 30 × 200 公厘	淬火和人工时效	7100	0.33	55	62	70	7	12	8	100	63	2650	29	43	35	1.0	197	—
杆材, 直径 45 公厘	同上	7200	0.33	55	60	69	8	17	6	100	65	2700	27	41	33	1.0	195	—

4. 主要的物理性能:

比重 $\gamma$	綫膨脹系数 ( $\alpha \cdot 10^{-6}$ )				导热系数 $\lambda$ , 卡/公分秒 $^{\circ}\text{C}$
	温度間隔 $^{\circ}\text{C}$				
	20~100	20~200	20~300	20~400	
2.85	20.10	22.10	23.10	25.10	0.34

与 B 95 的成分和性能相当的, 在美国称为 75 S, R 303, 76 S 等; 在英国称为 RR-77 或 363 A; 在德国称为 Flw3425; 在日本称为特种超硬铝 E. S. D. 和 E. S. D. G. (包铝的)。到目前为止, 这种新型的 B 95 合金, 在飞机制造工业中, 已经用来代替 D 16, 制造机身承力零件如梁、隔框、骨架、长桁和接头以及蒙皮等, 并且在应用上还有迅速扩大的趋势。在美国, 76 S 合金已经大量地用作模压件和飞机螺旋桨。

II B95合金的锻造性能

1. B 95合金的塑性和锻造温度

苏联航空材料研究院 H·И柯尔莫也夫教授曾根据各种变形速度和温度, 于实验室内对于 B 95 合金的塑性, 作过测定。第 1 图就是他所测定的 B 95 合金的塑性变形曲线。

小的变形速度试验, 是在压力机上进行; 大的变形速度是在锻锤上。

该合金在压力机上于 450<sup>°C</sup> 下的最大变形 (不产生裂纹) 为 85%; 但在锻锤上于此温度下的最大变形仅为 30%。从第 1 图上可以看出, 对于 B 95 合金, 不应尽量将变形温度提高一些, 企图达到提高金属的塑性和变形程度的目的。

B95 合金在不同的试验方法下, 自各种变形温度所测定的塑性

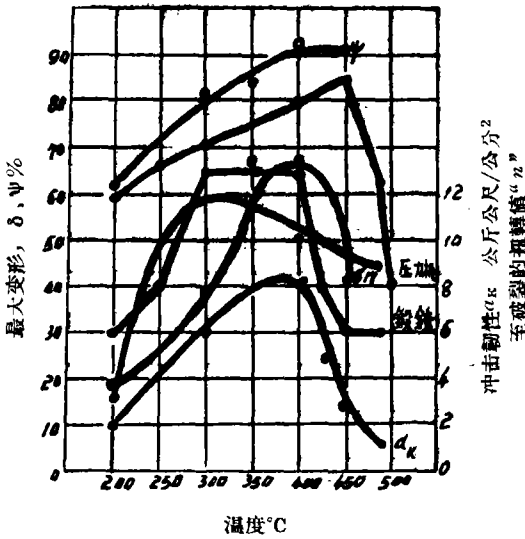


图 1 B95 合金的塑性变形曲线。

在锻锤上的最大变形 (65%), 是在 300 ~ 400<sup>°C</sup> 的温度范围内。

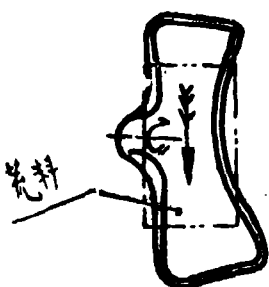
从图上也可以看出, B 95 对于变形速度的敏感性是不很高的, 因而可以在锻锤上进行生产。

关于锻造温度范围, 苏联技术科学硕士 B. И馬特維也夫指出, 根据再结晶图表及工厂积累的經驗, B 95 合金的始锻温度应为 450<sup>°C</sup>, 终锻温度为 350<sup>°C</sup>。

考虑到缺乏大型压力机的情况, 今后生产大型模锻件, 均将在锻锤上进行, 为了利用合金塑性最高的温度范围, 我厂选用了始锻温度 430<sup>°C</sup>, 室锻温度 350<sup>°C</sup>。从晶粒生长的观点来看, 也是适宜的。



(4)冲切毛边:  
在 250 T 偏心压床上  
趁热冲切毛边, 溫度  
不低于 300℃。工長  
抽查前1~3件尺寸、  
缺料、裂紋、偏移及  
冲切質量。



(5)校正模鍛 圖 5 模槽內荒料放置圖  
件: 冲切毛边后, 模 箭头表示荒料纖維方向。  
鍛件經過浸蝕, 用銼刀修去毛刺和表面缺陷,  
然后加热, 在 3 T 模鍛錘上校正。冲切毛边和  
校正后, 模鍛件应放在爐溫不高于 350℃ 的空  
閑电爐中或溫热的灰箱中緩冷。

(6)鍛造溫度范圍和加热時間: 使用 H  
30或 H 45型电爐加热。爐子工作溫度 430~10℃;  
終鍛溫度为350℃。前后加热 4 次。开始时, 毛  
料加热時間为400分鐘; 荒料趁热回爐加热105  
分鐘; 模鍛工序中趁热回爐加热95分鐘; 校正  
前加热 190 分鐘。

(7)其他工序: 校正以后, 經浸蝕处理,  
由檢驗員按圖紙抽查模鍛件尺寸、偏移、表面  
質量等。淬火及人工时效后, 經浸蝕处理, 用  
銼刀修去各种殘伤, 再經浸蝕处理, 然后由檢  
驗員进行最終檢查并打檢印。最終檢查包括:

(a) 按圖紙抽查模鍛件尺寸和 100% 檢查偏  
移、表面質量; (b) 100%硬度檢查; (B)  
抽取模鍛件, 在規定位置上切取試样, 檢查机  
械性能。

除檢印外, 本件并需打上材料牌号、批号  
和熔煉爐号。

附注: 一、浸蝕处理, 其溶液成分和操作方法, 暫規定  
与 AK-6 模鍛件相同;  
二、材料消耗情形如下: 每个模鍛件重1.7公斤,  
占79%; 毛边0.3公斤, 占14%; 切耗0.114公  
斤, 占 5%; 切头消耗 0.05公斤, 占 2 %; 合  
計2.164公斤, 100%。

### 3. 变形程度的研究

第 1 圖上, 已經把 B 95 合金在不同設備和  
不同溫度下的最大变形程度說明得很清楚。今  
結合我們实际工作情况, 进一步加以討論。

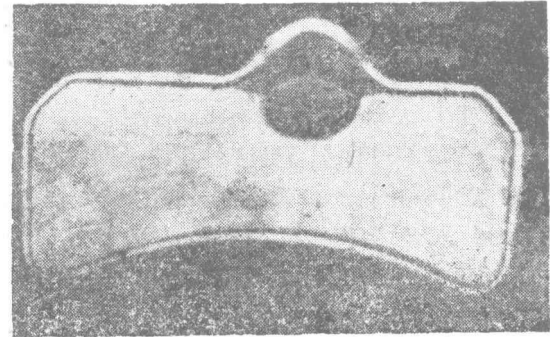


圖 6 CH2026-111 模鍛件成品照片。

首先, 应注意在 400℃ 以上, 进行自由鍛  
造时, 如第 1 圖所示, 在鍛錘上鍛造較之在压  
力机上鍛造, 所允許的最大变形程度, 相差很  
远。例如 CH2026-111 模鍛件的荒料, 是在压  
力机, 由 $\varnothing 80$ 压扁至高度42公厘, 情况很好。  
反之, 我們曾經試用 $\varnothing 80 \times 140$ 杆材, 直接放入  
模槽中于鍛錘上鍛压, 結果当鍛压至高度为40  
公厘时, 即产生裂紋, 如第 7 圖。这是因为开  
始时, 鍛模尚未封閉; 实質上即是在鍛錘上进  
行自由鍛造。当局部变形程度超过40~50 %时,  
即产生裂紋。

第 7 圖照片上的荒料, 两边長度仍为 140  
公厘, 但中央突出部長为 170 公厘; 从圖上看  
出, 荒料寬度亦有差別, 中間大部寬約 110 公  
厘, 兩端寬为 120 公厘。可知变形極不均匀,  
都集中于端部, 而端部变形最大处又是在对  
角綫的区域内, 故引起如圖所示的裂紋。

仍以 CH2026-111 零件为例, 当我們將高  
度为42公厘的扁形荒料, 放入模槽中, 仍在 3

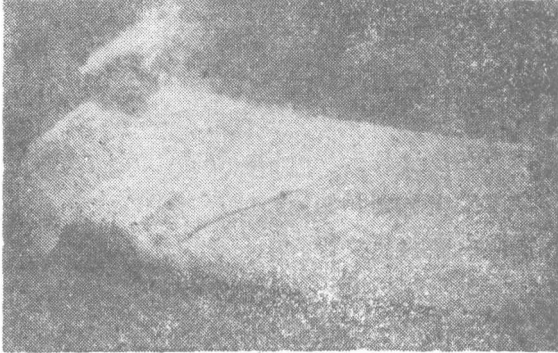


圖 7 直接用杆料放入模槽內进行鍛压  
CH2026-111 零件时的破裂情况。

T 錘上鍛压，始鍛溫度同为  $430^{-10^{\circ}}\text{C}$ ，但在一火中，总的变形量超过了50%时，亦不产生裂紋。这种情形，与其他合金一样，可以这样来解釋，即：在具有不完全側压力的模槽中，应力状态得到改善，变形比較均匀，因而塑性較高。荒料的寬度，愈接近模槽的寬度或超过模槽的寬度，則情况愈好。

根据上述情况，B 95合金在延伸槽中拔長，自不成問題，但应注意变形量要在第 1 圖所示的範圍內。同样，根据鍛粗試驗情形，在必要的情況下，亦可以考虑采用滾压槽，这时，建議金屬聚压的量，不应超过原来断面的20%。自由鍛粗，应予避免。

#### 4. 加热時間

关于 B 95合金的加热時間，可參看本文中的第12圖（甲）和（乙）。

在模压生产中，如 CH2026-111 的工艺規程，我們是按毛料的直徑或零件的最大厚度来計算加热時間。即每 1 公厘为3~5分鐘；当生产中趁热回爐加热时，每 1 公厘为1.5~2.5分鐘。当爐的溫度为  $430^{-10^{\circ}}\text{C}$ 时，将毛料装入。加热時間，从毛料装入爐內时起算。装爐方法和装爐数量，与一般鋁合金，如 AK-6 相同。

我們这样选定加热時間，是为了使合金的塑性，得到适当的保証。

对于 B 95 T 合金，即使延長加热時間，塑性亦沒有多大的增高，这点将在第12圖中，加以說明。因此，在缺乏 B 95的情況下，需要以 B 95 T 的經淬火的材料来代用时，建議先进行退火，然后再行加热和鍛压。

从第 8 圖上，可以看出毛边比較完好，表明塑性較高。第 9 圖上，毛边周圍开裂比較严重，虽然尚不影响模鍛件表面質量，但表明合金的塑性較差。另外，在另一試驗中，曾将 B 95 T 的材料，每公厘加热至 6 分鐘，毛边的端部，仍有开裂現象。

#### 5. 模槽潤滑，冲切毛边及其他

模鍛时，鍛模模槽，使用石墨潤滑油来潤滑，效果良好。石墨潤滑油規格按ГОСТ 3333-

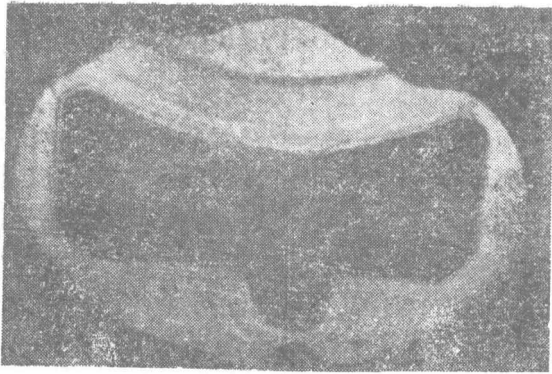


圖 8 用 B 95 杆材生产 CH2026-111 模压件时所切下的毛边的照片。  
加热時間每 1 公厘 3 分鐘。



圖 9 用 B 95 T 材料試制 CH2026-111 模压件所切下的毛边的照片。  
加热時間，每 1 公厘 3 分鐘。

46。沒有石墨潤滑油时，在模鍛件表面質量得到保証的条件下，可暫以普通机器油代用。

B 95合金塑性很低，为避免出現裂紋，于模鍛后，趁热冲切毛边，溫度不低于 $300^{\circ}\text{C}$ 。冲完以后，并未出現压伤，分層和“扯肉”現象。第 6 圖所示的模鍛件成品，和第 8、9 两圖所示的毛边照片，都是趁热冲切下来的。当然，当生产大型模鍛件时，使用帶鋸来切割毛边，自必須在冷凉的状态下进行。

毛料于模鍛前，如果表面有擦伤、划伤及其他殘伤，則应在車床上車光表面。但最好不要这样作，因为除了消耗金屬和工时以外，毛料上的切削痕迹，經模鍛后，在模鍛件上往往形成斑痕，反为不美。此外，毛料的两端，仍应車去尖角，以免尖端冷却过快，于模鍛时引起开裂。

III B95合金的热校正

1. 加热温度

从第1章中，我們知道淬火和人工时效后的B95合金，其延伸率是相当低的。只有在新淬火的状态下，即在淬火后最初的6小时之間，或是在退火的状态下，B95的塑性，才可与Д16T相比。B95的淬火后最初的两小时之間，具有最大的塑性，經我們試驗結果， $\sigma_s$ 为47.3公斤/公厘<sup>2</sup>， $\delta$ 为16.45%（以上均是两个試样的平均数）。

在新淬火的状态下或是在退火的状态下，B95合金的校正工作，可与Д16T一样，不必加热。

但是，由于应用上的需要，一般B95的零件，大都外形复杂，件体較大，尺寸要求精确，壁厚相差很大，如果等到加工完成，再进行淬火，則形状的歪扭更大，甚至会使零件损坏，造成工艺上更大的困难。这样就要求我們于淬火和时效硬化之后，然后进行各种机械加工。

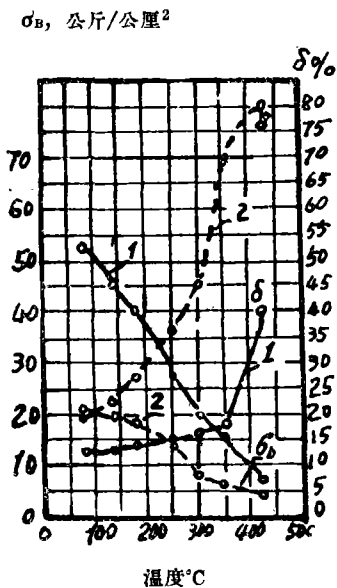


圖10 表示在不同温度之下，B95合金的机械性能（根据№167~51）：  
1—淬火并經人工时效的材料；2—退火的材料。

前面說过，常温下，經過淬火和人工时效的B95合金，塑性不高，因而进行零件的校正

时，会遇到很大的困难。如果将其加热，則会使其强度降低，塑性增加；加热的温度愈高，这种变化愈大。

为了保証零件的机械性能不生变化，加热温度，应不高于規定的人工时效温度。因为采用較高的工作温度，无疑会降低成品的机械性能。

根据原文校正的工艺規程，和技术条令№167~51，校正时的加热温度采用 $130 \pm 10^\circ\text{C}$ 。这个温度范围，是必須遵守的，应该采取一系列的措施，来保証加热温度不超过  $140^\circ\text{C}$ 。同时，必須注意到，在这个温度范围内，材料的塑性并未有多大的提高，因而进行零件的校正时，仍須十分謹慎。

2. 加热时间

（1）总的加热时间的限制

根据技术条令№167~51的規定：当将型材加热至 $130 \pm 10^\circ\text{C}$ ，进行校正、冲弯等工序时，如果一次不能完成时，可加热数次，但在爐子內总的加热时间，不应超过两小时。

由于加热温度与人工时效的温度相接近，故校正时的加热，实質上即是人工时效时间的延長。为了了解延長人工时效时间对于B95合金机械性能的影响，我們曾做过如下的試驗：

于HP253型材上，切取拉力試棒 $\varnothing 10$ ，按技术条令№357~55进行重复淬火。淬火温度 $470 \pm 5^\circ\text{C}$ ，保持时间15分鐘；人工时效温度 $135 \sim 145^\circ\text{C}$ ，保持16小时。这时，留下2根試棒，进行測定机械性能；把余下的試棒，分成5組，分別于 $130 \pm 10^\circ\text{C}$ 的油槽中，保持2，2.5，3，4，6和8小时。然后，将每組試棒分成2份，一部分留下做机械性能的試驗，另一部分（包括上列的組），則放置恒温箱中，于 $130 \pm 5^\circ\text{C}$ 之下保持12小时后，再进行試驗。

根据上列試样所測定的机械性能（各取平均值）的变化与加热时间的关系，我們繪成的曲綫，如第11圖。

从圖上可以看出，經過淬火和时效硬化后的B95合金，繼續在爐內加热至 $130 \pm 10^\circ\text{C}$ ，

公斤/公厘<sup>2</sup>

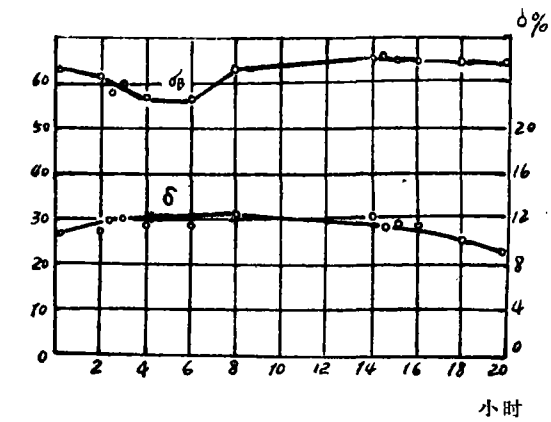


圖11 經過淬火和人工时效后的B95合金，繼續在130±10℃爐子中的保持時間。

对于材料的机械性能，是有影响的。超过2小

时，强度的降低率增加，但加热至6小时以后，强度又复开始增加。

上述的現象，可以这样来解釋：人工时效硬化是飽和固溶体的分解并析出細密分布的强化相質点的过程。随着在时效硬化溫度下保溫時間的延長，已經析出的質点将会变粗（集結），因而使材料的强度降低。但随着人工时效時間的繼續加長，飽和固溶体又析出新的細密分布的强化相質点。

上面所述，說明总的加热時間應該愈短愈好，亦即加热校正次数愈少愈好。为了控制着每个零件从开始校正时起到成品出厂时为止总共經歷的加热時間，我厂檢驗部門把零件打上号碼，并制訂了如下的表格，执行登記。

校正阶段	序号	圖号	編号	校正溫度	入槽時間	出槽時間	加溫時間	操作時間	校正次数	工作者	檢驗員	日/月
	1											/
	2											/
	3											/
	4											/
	5											/
	6											/
	7											/
	8											/
	9											/
	10											/
	11											/
	12											/
備 注												

在極个别的情况下，由車間提出具体理由，仅在总冶金师审查同意之后，才允許稍微延長校正的加热時間。

（2）每校正一次所需的加热時間

总的加热時間既已限定为两小时，則每次的加热時間如果过長，就会招致允許校正次数的减少。这样，对于生产上无疑是不利的。

为了了解加热時間的長短，对于經過了淬

火和时效硬化的B95合金的塑性，究竟有么怎影响，我們从技术条令№167～51中摘录了两个圖，如第12圖（甲）和（乙）。

从上圖所示的實驗，可以証实，零件在爐內加热保持時間愈長，对于合金的塑性，是有所提高的，但是影响非常小。同样是5公厘厚的板材，在爐內保持3～6分鐘与在爐內保持2小时，各項机械性能的曲綫，沒有多大的变

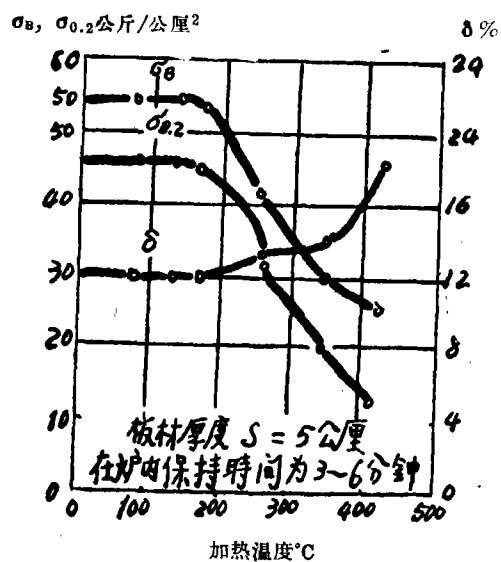


圖12 (甲)。

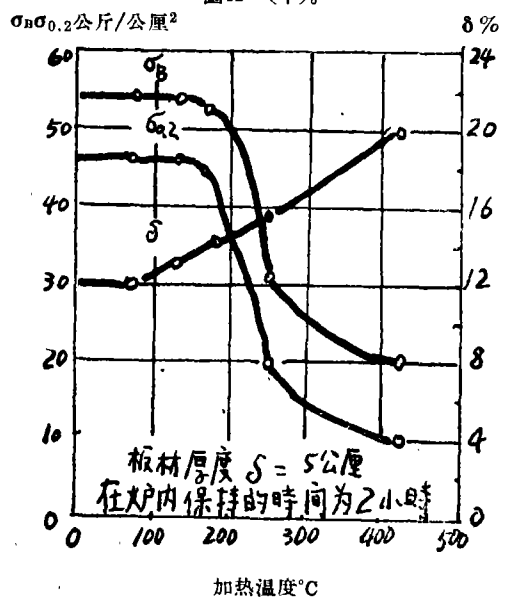


圖12 (乙)

动。

根据上面所述，并且考虑到合金的导热系数，加热温度以及加热时所用介质的性质，我们采取了比较短的，但是已经足够的加热时间，如下表所列：

### 3. 加热设备和加热时的操作

为了更敏感地显露温度的差别，以保证加热温度不超过140°C，校正时是使用特备的电热油槽来加热。槽子用钢板焊接制成，电阻丝用钢管保护着盘卷在槽子底部。槽子装有由马达

材料厚度(公厘)	加热保持时间(分钟)
到 3	5
4~12	7.5
13~20	10
20以上	按厚度每 1 公厘，加热时间 0.5 分钟计算

附注：1.按零件的最大厚度来计算；  
2.加热保持时间，从零件放入规定温度的油槽时算起。

带动的搅拌器，以搅拌油液，使其温度均匀。槽子底部，在加热器的上面，装有用手摇柄传动的，可以升起和下降的网状平台，用以搁置零件。网状平台用硬铝制成，免使零件遭受硬伤。用自动开关来控制温度，当油的温度达到135°C时，即停止加热，因为停电后，槽子的温度还会升高1~2°C。槽子四周，经常用热电偶和温度计，在距油的表面50~100公厘深处，测量油的温度是否均匀。

零件加热时，应放在油液的中央位置。该处温度比较均匀。

槽子的尺寸应该是这样：最大的零件加热时，距槽子的周边和油液表面，应能保持50公厘以上的距离，而距槽子底部，即加热器的上面，应保持100公厘以上。个别情况下，如果零件很长，超过了现有槽子的长度，并且仅是局部发生翘曲时，则可将半截零件浸入油槽内加热，这时零件的加热范围，须超过零件进行校正的最大尺寸范围200公厘以上，以免被校正部分的温度，由于本身热传导作用，迅速降落。

作为加热介质所用的油，应具有如下的性质：

- (1) 中性——使合金不受侵蚀；
- (2) 闪点较高——闪点愈高，愈能保证生产安全；
- (3) 粘度较低——粘度愈低，操作时愈方便。

车间开始工作时，使用普通食用的豆油。这种油闪点较高，粘度适当，可以使用。其缺



点是有結皮和沉淀現象。当使用日久时，槽中網状平台积有油皮，槽底加热器上面亦积有油皮和沉淀物，需要清理。甚至有些零件校正后，还有一些薄薄的油皮附着于其上。

近来厂中供应部門不准备豆油，車間改用3号錠子油。錠子油粘度很低，操作方便，校正后的零件又極清潔，但因其閃点較低，約在170~200°C之間，当开始使用时，剛加热至107°C，由于揮發物爭相溢出，即有沸騰現象，經過数天的時間，这种現象方始消灭。但是油的蒸汽仍然很多，这对于工人的劳动保护，不能說沒有妨碍。又錠子油使用日久后，沉淀的現象，比豆油还严重。

和錠子油相比較，車間願意使用豆油。使用錠子油，每三个月需換新油并清除沉淀物一次；而豆油則每四个月一次。

比較理想的，應該是粘度比較低些的机器油，因为机器油的閃点，总是比錠子油为高。估計机器油仍不免有沉淀現象。据聞苏联現在就是使用机器油，但還沒有正式資料足供參考。

零件按規定的加热保持時間的加热以后，搖动手柄，使網状平台升起，滤去油液，迅速地将零件取出，持至預先准备好的木鋸末槽中，擦去余下的油液，然后用清潔的抹布擦拭干淨，进行校正。

从零件离开油槽起，到放入模具內开始进行校正或弯曲时为止，所需的時間，不应超过1.5分鐘，以便使工序終了之后，零件的溫度不致下降到低于100°C。因为具有加热操作的校正或弯曲工序，原希望零件降低强度，提高塑性；到溫度低于100°C时，这种变化就更不显著了。根据我們的估計，和后来在实际操作中用接触式热电偶測量零件溫度的結果，証实一般的零件，离开油槽約3分鐘左右，其溫度就下降到100°C。在操作溫度不低于100°C的限制之下，零件从离开油槽到开始校正或弯曲之前的一段时间愈短，則剩下来的校正時間就愈長。

直接与零件接触的工具如：錘子、鉗子、

墊塊、平台以及弯曲模夹具等，均应加热至 $130\pm 15^{\circ}\text{C}$ ，用清潔的抹布擦拭干淨，然后使用。因为加热后的零件，与冷涼的模具接触，自必加速零件溫度下降的速度，引起操作上的意外困难，甚至会造成零件破裂。

鉗子、錘子、墊塊等，可与零件一起，放入油槽中加热。

不易搬动的模具如：平台，可装置加热器，用电流加热；夹具和弯曲模等，可用噴灯加热，但操作前，必須严格用接触式热电偶檢查溫度，以免引起零件过热。

#### 4. 常溫下进行校正的可能性

如上所述，B 96 T 的材料，加热到 $130\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，其塑性並沒有多大的提高，这就意味着在常溫下也有可能进行校正。

加热次数既有限制，而每次校正的時間，又極短促，已經成为工作上很大的困难。校正工作，不应该孤立地来看待，它与圖紙要求，机械加工过程和操作条件，有不可分割的关系。在每一个机械加工的工序中，零件的夹紧情况，切削速度以及所除去金屬的部位和数量不当，对于B 95 T 的零件，特別容易引起弯曲和扭曲。半成品保管不当，又易引起变形。精确度要求較高，自然加重了校正工作的負擔。特別是在試制过程中，工艺装备，每不協調，在校正工段的檢驗模上檢驗合格，拿到装配車間的型架上就不合格，迫得返工重校。加之有些零件，如CH2026-03，-04，本身另外需要加热进行弯曲，占去了全部允許的加热時間的四分之一。以上情况，迫切地要求实施常溫校正。

根据技术条令№167~51 的規定：当型材厚度为4公厘或4公厘以下，具有均匀的弯曲，并且型材的弯曲度，于1公尺的長度上不大于4公厘时，允許于供应状态下，进行型材的校正；在此情況下，如果校正有困难，則需于热的状态下进行校正。

为了証实常溫校正的可能性，我們作过如下的試驗：

取 H11253 型材一节，長 700 公厘，自由地支持着两端。用手搖压力机中央加压力，先使其向下弯曲 2 公厘；然后翻轉型材，于相反位置加压，仍使其向下弯曲 2 公厘（見第13圖）。这样反复操作20次后，型材的表面和内部，經過檢查，沒有裂紋。

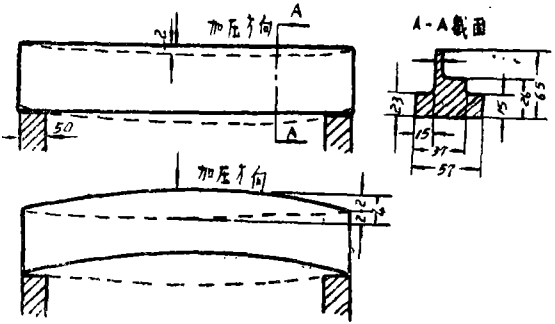


圖13 常溫下試驗型材校正的情形：

附注：（1）上圖是第一次加压，使型材产生塑性变形的情形；  
（2）下圖是第2，第3……直到第20次加压，使型材产生塑性变形的情形（点綫表示塑性变形后的形状）；  
（3）材料：B95T；  
（4）常溫下加压。

当然，以上所述，仅是最初步的試驗，离开破裂还很远。可是在实际操作中，自不宜輕易冒險，去作进一步的尝试。

目前我們的工段，已經掌握了加热校正和常溫校正两种操作方法配合着运用的技术。这就是：較大程度的校正，首先是于加热的状态下进行；到溫度低于 100°C 时，繼續进行校正較小程度的歪扭，直到常溫。这样，加热次数就大为减少。不大的歪扭，即于常溫下进行校正，不必加热。

5. 校正的理論基础和操作要点

現代工业中，已經有了許多設計，从簡單的手用工具以至于复杂的机械，来进行各种型材的校正工作。这些主要是金屬供应厂的工作，同我們关系不大。目前所要叙述的，乃是从各种型材切割下来的毛料，和大型模鍛件，于机械加工前或机械加工后，以及进行机械切削的各个工序間所發現的弯曲或扭曲的校正工

作。

校正工作和弯曲工作，本質上都是把毛料的一部分与另一部分相对地移动，达到某一規定的形状。于自由地平放在两个支点上的毛料的中部，加以压力，在毛料中立即引起弯曲应力。如果这个应力，不超过材料的彈性極限，毛料所得到的是彈性变形，除去外力时，毛料又恢复原来的形状。要使毛料达到規定的形状，所加压力，必須超过彈性極限，使毛料得到塑性变形，此时毛料內層受到压缩而变短，外層受到張力而伸長，而毛料的中層，即中立的軸綫，既不受压缩，也不受張力，其長度在加压前后不变。但是，由于压缩部分的截面面积增大时，張力方面的截面面积必相对减小，因而中立的軸綫将向压缩方面移动，并不与中心綫同為一条綫，如第14圖。

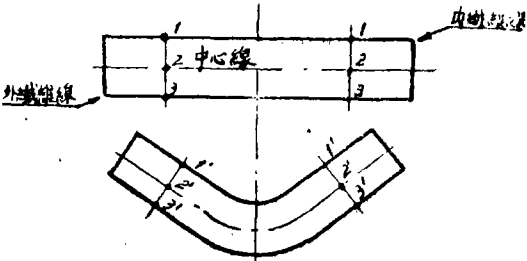


圖14 毛料校正或弯曲时，应力分布圖：

綫条 1'~1' < 綫条 1~1；  
綫条 2'~2' ≈ 綫条 2~2；  
綫条 3'~3' > 綫条 3~3；

如果再增加压力，最外一層就会因过度的延伸而致应变硬化，若繼續增加压力，使該处所受的应力，超过了材料的强度極限时，即会引起破裂。

事实上，零件校正时的塑性变形，往往与彈性变形同时發生。因此，在校正到一定形状的零件上，除去外力后，零件会稍微向原来的形状恢复过来。要想得到所要求的形状，就必须使所加的压力，达到超过了零件所要求的形状。

至于扭曲的校正工作，亦与弯曲的校正工作相似。但扭轉所需的力量，必須超过在被扭

轉零件的全部橫截面中的切變抵抗。當然，在同一橫截面中，靠近零件軸心處，所受的切變應力就小些，外面最大。

無論彎曲的或扭曲的校正工作，在操作過程中，若非使金屬發生塑性變形，就會使材料因應變硬化而引起破裂。破裂都從外表面開始。這就足以說明對於鋁合金的零件，經過校正工序後，為什麼僅進行外表檢查，而不作內部的X光透視。在無裂紋的條件下，各種校正方法，都被允許使用。

談到具體的問題：對於一般零件，能否規定出校正時應加多大的壓力？過度的校正量應該多大？由於我們所要校正的，不是形狀簡單的条件或棒材，而是形狀極為複雜的型材和大型模鍛件，並且經過了大量的機械加工，因此，這些問題就顯得極端複雜，即使對其作一基本分析，亦甚困難。首先，每種零件的截面性質，如轉動慣量等，就很難加以確定，而且每個零件本身的截面尺寸，又是隨處變化。其次，即使同一種零件，在同一處需要校正，並且需要校正的量又復相同，僅僅需要校正的方向不同，那麼，可以預料，校正時所需壓力的大小，就不相同，而當過度校正時，其破裂還有遲早之分。毫無疑問，以HP253型材為例，當薄板處朝下加壓校正時，就比薄板處朝上時，需要壓力較小，而破裂亦較早。此外，零件發生偏歪的部位，和偏歪的程度，均不相同，而且零件的尺寸公差和材料的硬度，又無法強求一致。因此，上面所提出的問題，實在不易解答。

然而困難猶不止於此。第一，順着金屬纖維來進行校正，就比橫過金屬纖維安全得多。第二，零件表面的機械加工光滑度，對於B95T合金的校正工作說來，影響極為顯著。有人作過試驗，証實表面有刻痕的B95T板料，其許可沖壓半徑，比沒有刻痕者，要大10倍以上。我廠曾經有一個CH2026-03的零件，機械加工後，圖根處划痕很深，校正時工人沒有注意，仍照老辦法於常溫下，橫過金屬纖維並正對划痕處進行扳扭，結果零件沿划痕破裂。第三，

零件上已經有鑽孔時，校正時必須十分小心，因為孔的周邊，是應力集中的地方。高度集中的應力，比平均應力，高達3倍（見第15圖），因而校正量雖並不很大，零件仍不免於破裂（見第16圖）。第四，在零件中，偏析處亦較易產生裂紋。

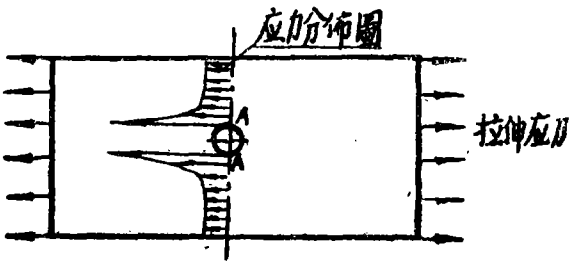


圖15 在拉伸應力下，鑽孔處應力集中情況圖。  
孔邊A，A兩點，應力局部集中。

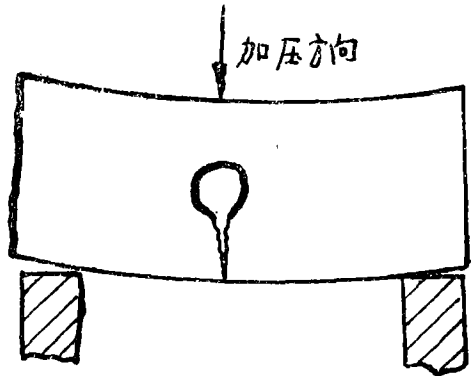


圖16 校正時，鑽孔處產生裂紋的情形。

由上面所述，要想制訂具體的工藝規程，規定校正時應加多大的壓力，過度的校正量應該多大，顯有困難。如果工程技術人員，先就每個零件的情況，詳加計算，然後進行校正，則非徒無補於實際，並且耽誤進度。只有當進行基本建設，需要計算設備的功率時，才值得這樣做。

嚴格來講，在校正過程中，不應出現廢品。因為一個B95T的零件，件體很大，本身金屬的價值，已經很高，再經過幾道機械加工的工序，又費去許多人力和機床的工作。往往一個零件，機械加工已經全部完成，只差一道校正工序，就能交出。如果校正時出廢品，不特前功盡棄，損失重大，還會完不成生產任務。只

有富有工作经验，能够正确地掌握零件的各种特性的工人，才能对于校正工作，胜任愉快。

各种金属的零件，其校正工作的基本理论是相同的；但是，由于各种金属的机械性能不同，所以校正时所采取的方式，亦不尽相同。今就工作中的体会，并结合着技术条令№167~51，提出B95T的零件校正时，应注意的操作要点如下：

(1) 校正和弯曲工作，应在液压的、偏心的、曲轴的或人力螺旋传动的压力机上进行，其工作速度不得超过0.3公尺/秒；因为高速度的冲击，较易产生裂纹，同时会增加金属流动的抵抗力。

(2) 垫块用硬铝制造，其宽度不小于50公厘，亦不必过宽。设计垫块，首先要使零件表面上均匀受力为原则，以避免压力集中，造成压坑（见第17图）。绝对禁止于零件的薄弱地方，集中地加以压力（见第18图）。在特别情况下，垫块应镶嵌在主要承力部位，避开薄弱部位（见第19图）。垫块接近零件处的边缘，倒圆R不小于3公厘。

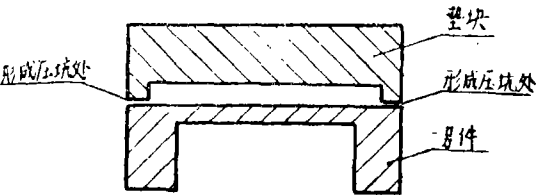


图17 不适宜的，压力过份集中的垫块。

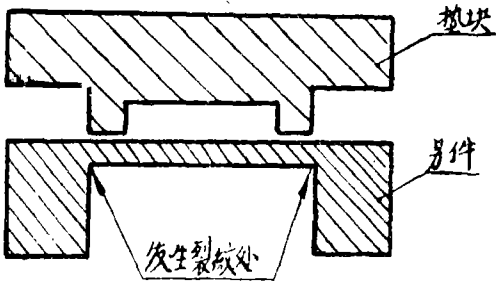


图18 采用不适宜的垫块，使零件的薄弱部位，遭受严重的剪切应力，必然引起零件破裂。

(3) 校正工作，应正对零件的主要支持部位来进行，例如在第19图的零件上，进行直

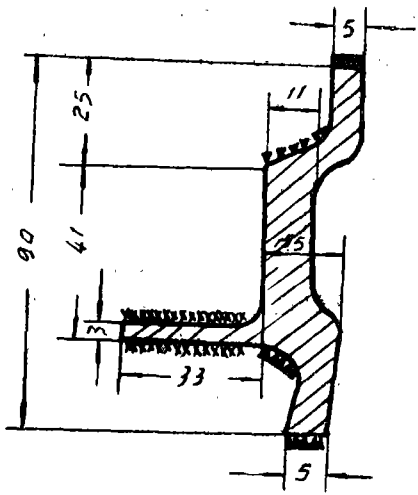


图19 用特种型材 HП260-1 所制的零件，进行直立方向的校正时，垫块应在▼▼▼处与零件接触，禁止在×××处接触。

立方向的校正时，即应校正▼▼▼处，如果错误地在×××处加压，不但校正不过来，反易使零件破裂，尤其是当扭转零件，进行扭曲的校正时，夹具更应咬住零件的主要支持部位。

(4) 在常温下，一般地允许将B95T的各种型材，于专用的夹具中，环绕纵向轴心均匀地扭转不大于2°；在加热的形状下，扭转的角度，还可以大些。

(5) 薄板上具有均匀的局部翘曲或偏歪时，可用硬铝制的手锤敲击，以进行校正。板厚为3公厘，于半径为30公厘的范围内，有0.75公厘以下的偏歪时，于温度不低于75°C的状态下，进行敲正，没有裂纹。例如：在第19图上×××处厚度为3公厘的薄板外边缘有偏歪时，即采用此法敲正。敲击时要注意先将零件紧贴在平台上，或于靠近敲击区域的周围，尽量用一层厚度不小于2公厘的硬铝片垫住（见第20图）。因为零件悬空遭受敲击，容易产生裂纹，并且不易敲正。偏歪轻微时，可在常温下敲正。

(6) 禁止用扳钳沿着横纤维方向，去扳扭零件。

(7) 横过切削刻痕来校正零件时，应先用打磨方法将刻痕清除掉，然后进行校正。

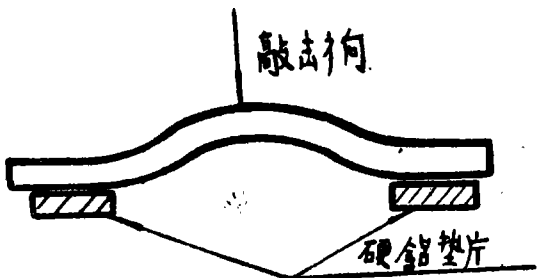


圖20 薄板上具有局部偏歪時，進行敲正情形。

(8) 校正區域內有鑽孔或刻槽時，需要特別注意，輕微地嘗試着來進行。

(9) 橫截面不規則的零件，如HP1253型材，當薄板處朝下，加壓校正時，由於拉伸應力集中在面積很小的薄板外緣上，較易破裂，需要注意。

(10) 熱校正後的零件，當溫度還很高時，應放在木鋸末槽中緩冷；如果放在導熱很快的鐵質平台上冷卻，較易恢復其原有的偏歪。

#### 6. 校正或彎曲後的檢驗

(1) 允許在校正後，零件上有工具的痕迹，其形狀象斑點，深度不大於0.1公厘，並具有均勻的過渡和光澤。在這情況下，允許均勻地刮削和打磨零件。

(2) 檢查零件校正是否合格，是用手緊壓零件與平台或檢驗模相鄰接的任何部位，然後用千分墊測量其餘各部位。

(3) 經過校正或彎曲的零件，必須於陽

極化以前，進行螢光檢查。

(4) 經過加熱校正的零件，於陽極化以前，應該逐件檢查硬度；但由於我們使用油槽加熱，並且嚴格控制了加熱溫度，因而沒有貫徹硬度檢查，僅當有疑問時，由車間檢驗室提出抽驗。

#### 7. 安全問題

由於B 95 T的材料，强度高而塑性低，工人將零件加壓力進行校正時，應嚴加注意，不應將人身或頭部過於靠近零件，提防零件萬一折斷時，崩出傷人。

熱校正時，工人應戴綫手套，以防燙傷。

此外，對於校正所用的設備，應按專門的安全操作規程來操作；油槽應按消防隊所頒布的條例來管理。

## IV 簡短的結束語

B 95既是一種新型的合金，書本、雜誌以及工廠現有的資料，對於它的敘述是不多的，並且我們從事於這種合金的工作，時間還很短，因此企圖做一比較具體而詳盡的敘述，自然不容易。本文主要是根據現有蘇聯資料，結合着生產工作中所領會到的，作一概括性的工藝性質的敘述。自然，其中還有一些主觀看法，未必一定對，提請大家指正。

# 金屬耐熱性能的某些理論問題

蘇聯專家 Л.Н. 格吉茲揚

## I 緒論

由於噴氣航空技術的發展引起了对新的高耐熱合金的研究和採用，以便製造高溫工作的燃氣渦輪發動機的各种零件。

凡在應力及高溫同時作用下，能長時間抗蠕變及抗破壞的金屬材料，均稱之為耐熱鋼或耐熱合金。

關於建立耐熱合金的理論根據是一個特別有興趣的問題。

某些關於耐熱強度的理論數據在 M. Л. 貝恩施德因所著的書[1]內有所記載。根據蘇聯學者，科學院士 Г. В. 庫爾爵莫夫，H. T. 古德楚夫及 A. A. 包次瓦爾等的科學研究成果，其中指出，在建立耐熱材料方面應該遵循關於固體強度與塑性以及塑性變形過程的一般概念。同