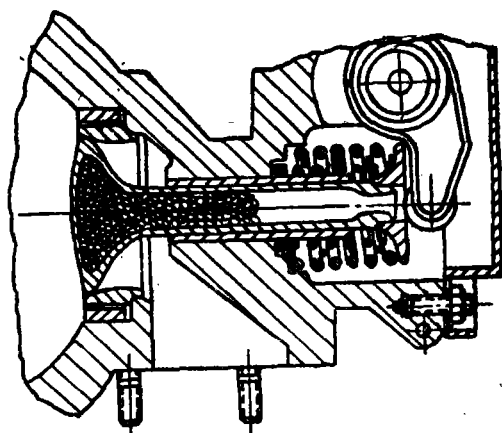


АИ-62ИР 航空發動機空心排氣活門的製造

蘇聯專家Л.Н. 格吉茲揚

緒 論

排氣活門是航空發動機上的一個非常複雜和重要的零件。大家知道，排氣活門是汽缸內熱氣經排氣管通向大氣的一個關卡。它的用途就是借活門的來回往復運動與汽門座相接觸而開啟及關閉汽缸的內腔的。因而活門的菌部在整個工作時間都被熱氣所包圍，而活門的杆部在運動中與汽缸頭上的導套發生磨損，同時杆部的頂端與搖臂滑輪相接觸（見圖1）。



要求如下：

(1) 必須用牌號為ЭИ-69的奧氏體耐熱鋼製造。

(2) 必須是空心的。

(3) 活門的內腔必須填以金屬鈉作冷卻之用，由於熔化的鈉從菌部向杆部流動因而使熱由菌部傳到杆部。

(4) 活門的底部及其菌部的棱邊須用氧化的、牌號為BXH-1的司太立特合金熔焊，以防止燒傷。

(5) 活門的頂部須用具有高硬度的、牌號為X12M的馬丁體工具鋼製造，以抗磨損。

(6) 活門杆部須氮化，以抗磨損。

從上面這些要求可以看出，排氣活門雖然是一個小零件，但是它的結構卻非常複雜，包括許多材料和許多工藝過程。

1. ЭИ-69鋼的化學成份

排氣門是由按МПТУ2362-49供應的含Cr、Ni、Mo、W的，牌號為ЭИ69的奧氏體耐熱鋼製成，其化學成份列於表1內。

根據上述工作條件，排氣活門在設計上的

表1 ЭИ-69鋼的化學成分（主要元素）

C	Si	Cr	Ni	Mo	W	Fe
0.4~0.5	0.3~0.8	13~15	13~15	0.25~0.4	2~2.75	余 量

表2 ЭИ-69鋼在不同溫度之下的機械性能（按米·費·阿列克遜柯的數據）

	20°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C
σ_b 公斤/平方公厘	77	64.3	56	39	25	15.5
δ %	27	26	21	19	25	47
ψ %	59	33	34	36	59	67

从化学成分来看,这种鋼是属于不銹鋼一类的。因为鉻超过了12%,且有鎢及少量鉬的加入使鋼具有某种程度的耐热性。

ЭИ69鋼在不同溫度之下拉力試驗的結果見表2,从該表內可以看出,在溫度600~700°C之下,塑性显著的降低(發生时效現象)而强度仍相当的高。在溫度800°C之下,塑性又恢复了,而强度却开始剧烈地下降(开始軟化現象)实际上該鋼耐热性的溫度应算至800°C。

实际上該种鋼可以看作一种具有單相組織(奧氏体+鉻的碳化物)的鋼。各种不同的热处理条件仅对奧氏体及碳化物晶粒大小及数量的变化有影响。

从高溫(約1150°C)淬火时,奧氏体的晶粒將長大,而碳化物則轉变为固溶体。

晶粒的長大虽然可以提高耐热性,但在高溫試驗时却强烈地降低金屬的塑性。

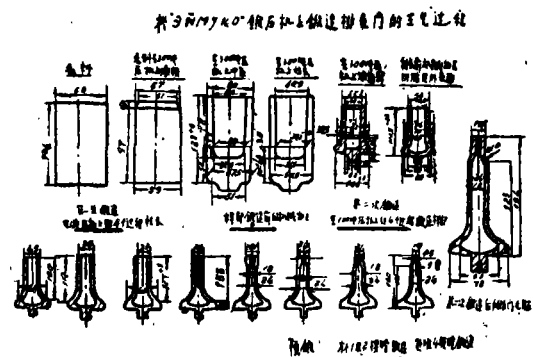
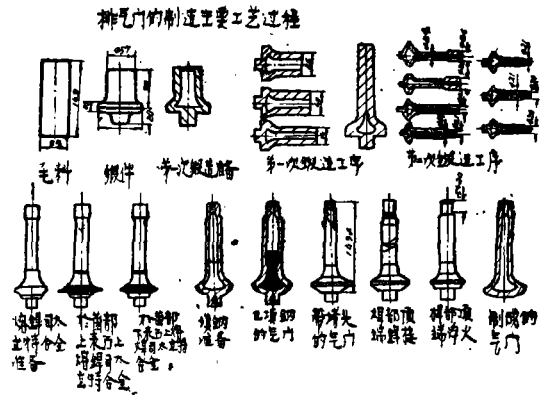
根据研究的結果,对該鋼采用了簡單的热处理条件,即將零件于820°C加热5小时(在空气中冷却)以消除冷作硬化、稳定組織及分解碳化物;同时硬度也稍有提高,但仍在技术条件要求的范围以內。(按布氏压痕直徑为3.7~4.5)。

II. 空心活門的两种制造方法

排气活門鍛件的生产有两种方法:按第一种方法制造活門的工艺圖見圖2。第二种方法見圖3。从两个工艺圖来看,两种方法的原则区别如下:

按第一种方法,活門的内腔是机械加工出来的,而按第二种方法則是用热压力加工压成的,在后一种情况下,活門内腔是先在300吨的空气偏心压机上經過两个过程將毛料冲成杯形,然后在300吨的同一压机上燉粗菌部。經過适当的机械加工以后,再在减压机(其飞輪軸的轉速为250轉/分,电动机功率为15馬力)上經過四个过程拉出活門杆部。然后将杆部进行鍛造前的机械加工,杆部的鍛造在100吨的偏心压机上經過四个过程完成,进行这些工艺过

程須使用專門的ЭИМУКО型的鍛压設備。



第二种方法是比較完善的工艺方法。因为用这种方法,金屬的消耗及机械加工量均較少。由于工厂还没有这种專門的設備,所以我們將詳細地叙述按第一种方法鍛造空心活門的工艺过程。按第一种方法,活門内腔是机械加工而成的。苏联有一个工厂是按这种方法制造AⅢ-62HP 航空發动机排气活門的。

空心活門(零件号碼116093)

制造工艺規程

III. 毛料的模鍛

所用毛料的直徑为60公厘,長度为149公厘,毛料的重量包括各种損耗在內为3.5公斤,而在車外圓之后,鍛件的重量等于2.8公斤。材料須按熔号投入生产,且应在毛料上打上熔

煉號碼。模鍛在 2 噸的模鍛錘上進行。毛料預先於 800°C 的爐內加熱 20 分鐘，然後轉入 1140°C 的爐內，再加熱 10~15 分鐘，模鍛在完成模腔內進行。模鍛的開始溫度為 1140°C，終止溫度為 850°C。零件加熱須在用熱電偶測量溫度的油爐內進行。切毛邊須在 150 噸的曲柄

壓機上進行，並利用 850~700°C 的模鍛余熱。模鍛件在封閉的鐵箱內進行冷卻，然後按下述條件進行熱處理：在 820°C 之下加熱 5 小時，於空氣中冷卻，模鍛件須進行機械性能試驗，其機械性能應符合表 3 中所列技術條件的要求。

表 3 ЭИ-69鋼制鍛件的機械性能

公斤 σ_b /平方公厘	公斤 σ_s /平方公厘	δ , %	ψ , %	AK 公斤公厘/平方公分	布氏硬度(壓痕直徑)
72	40	20	35	5	3.7~4.5

模鍛件經機械性能檢驗以後送去加工內腔及外形，然後再送至鍛造車間進行杆部的第一次鍛造。

IV. 活門杆部的第一次鍛造

活門杆部的第一次鍛造包括四個過程，且在 150 公斤的鍛造錘上進行，這次鍛造前的加熱須在用熱電偶測量溫度的油爐內進行。爐內的火焰應稍微帶有煙霧。

鍛造之前，模鍛件於 800°C 之下加熱 10~20 分鐘，然後轉入 1140°C 的爐內持續 10 分鐘；模鍛的開始溫度為 1140°C，而終止溫度為 900°C。每一次加熱後，將活門杆部進行兩個過程的鍛造，即第一次加熱後，先從尺寸 57 鍛到

46 公厘，再從 46 到 40 公厘，第二次加熱後，先從 40 鍛到 34 公厘，再從 34 到 29.5 公厘。活門杆部在 100~150 公斤的鍛造錘上於溫度 950~800°C 之下進行修正。模鍛件的冷卻在所有情況下均須於封閉的鐵箱內進行至完全冷卻為止。爐中的火焰應是還原性的，以避免活門內腔產生氧化膜。

活門經冷卻後送至機械加工車間加工菌部以備熔焊司太立特合金。

V. 活門熔焊司太立特合金

活門用按 MMTY238 標準供應的，牌號為 BXH-1 的司太立特合金熔焊，其化學成份列於表 4 中。

表 4 BXH-1 司太立特合金的化學成分

C	Si	Cr	Ni	Fe
0.5~1.2	1.5~2.5	35~40	50~60	不超過 5%

從化學成份可以看出，BXH-1 合金為鉻鎳固溶體與碳化物的單相組織。BXH-1 合金因其鉻鎳及碳的含量而為一種耐熱合金，而且在空氣中溫度 1100°C 之下及排氣中具有很高的抗氧化性，這種抗氧化性主要是由於含鉻及鎳很高的原故。BXH-1 合金的熔化在具有鹼性爐襯的高周波電爐中進行，並在生鐵硬模中澆成直徑為 5 公厘的圓棒。

活門熔焊按說明書 ВИАМН06-51 在專門的工作台上進行，該台上須有旋轉活門的裝置。

熔焊用 2 號焊嘴以乙炔氧還原火焰分兩個

過程進行。熔焊前活門須進行除油，於 750~800°C 的爐內加熱 20~25 分鐘，然後先熔焊菌部的上部，再熔焊菌部的下部，一個焊工每工作班（8 小時）熔焊 20 個活門。活門熔焊以後，送去加工菌部及杆部以備第二次鍛造。

VI. 活門杆部的第二次鍛造

活門杆部的第二次鍛造在 РИДЕР 型 5 個模腔的鍛造機上進行。（該鍛造機為哈爾科夫城「鏟刀和錘子」工廠所製造）。杆部第二次鍛造前的加熱在專門的眼鏡式油爐（眼孔的最大直

徑為34公厘)內進行。爐子的一個側壁上分布有12個眼孔,往這些眼孔內插入活門的杆部。

鍛造的溫度為 $1100\sim 900^{\circ}\text{C}$,應該特別注意的是,不管在第一次或第二次鍛造時油爐必須用含硫少的燃料(容許含硫量不超過1%)進行加熱。實際上使用柴油或較多地使用蘇拉油(燈用礦物油)作為燃料。否則,在使用含硫多的燃料時,則硫將會擴散到金屬內,引起金屬質量的惡化,同時大大降低零件的耐熱性,特別是塑性。

活門的第二次鍛造分為6個步驟,按杆部的端部尺寸其過程如下:

- (1) 從 $\varnothing 28.7$ 到 $\varnothing 26$ 公厘;
- (2) 從 $\varnothing 26$ 到 $\varnothing 24.4$ 公厘;
- (3) 從 $\varnothing 24.4$ 到錐體 $24.4\sim 21.2$ 公厘;
- (4) 從錐體 $24.4\sim 21.2$ 到 $\varnothing 21.2$ 公厘;
- (5) 從 $\varnothing 21.2$ 到錐體 $21.2\sim 19.7$ 公厘;
- (6) 從錐體 $21.2\sim 19.7$ 到 $\varnothing 19.6$ 公厘。

進行每一個過程前均在溫度 $1100\sim 1080^{\circ}\text{C}$ 之下進行個別加熱。1及6兩過程的加熱時間各為3分鐘,而2~5各過程的加熱時間各為1~2分鐘,鍛造的溫度範圍對所有過程均為 $1100\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。在每個步驟之後,零件不待冷卻而轉入爐子的前腔內預熱4~6分鐘,最後鍛造以後,將活門放入鐵箱中冷卻。值得特別注意的就是要準確遵守熱壓力加工的溫度條件。因為鍛件溫度的升高將引起金屬晶粒的長大,因而塑性亦隨之大大降低。

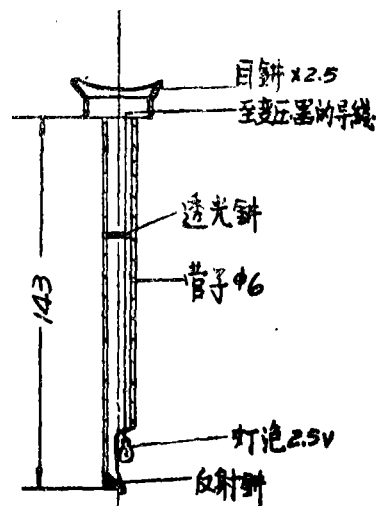
活門冷卻以後須進行熱處理,其條件為: 820°C 之下加熱5小時,於空氣中冷卻。

有關鍛造車間的工序到此算結束了。此後活門送至機械加工車間以進行活門填鈉的準備。

VII. 活門的填鈉

活門填鈉及與填鈉有關的所有工序應特別仔細地進行以保持活門內腔及金屬鈉本身的清潔。活門的內腔應仔細地除油,並清除各種缺

陷以及金屬屑、氧化皮、粗糙加工部位及銹蝕等。建議使用帶小燈泡及玻璃的專門儀器(照明計 [ЛЮМИСКОП])檢查活門內腔的清潔。(代替以前在290道工序所使用的方向探針)。該儀器的示意圖見圖4,利用儀器的轉動及上下運動,可以檢查活門的整個內腔。



照明計示意圖

特別應該注意金屬鈉的清潔。

金屬鈉應嚴格符合技術條件的要求,鈉不應是氧化了的。大家知道當鈉與水接觸時便發生爆炸,故金屬鈉須保存於煤油內。必須採取一切措施使水無論如何也不要沾到金屬鈉上,並使鈉在生產過程中不致於氧化。

所有使用鈉的工序必須在單獨隔離的乾燥及防火的,並有抽風設備的地点進行。在生產過程中鈉塊須保存於無水汽油中。

工作的好壞與活門內腔及金屬鈉的是否清潔有關,如果不清潔,則可能引起大的事故,爆炸傷人,活門在發動機上工作時產生膨脹及破裂等。

活門填鈉時,先將鈉在壓機上通過眼孔壓成直徑4公厘的圓絲,然後分成一定的份量(按內腔容積等於 $35\sim 37$ 立方公分)實際為7條410公厘長的鈉絲,將其填入在溫度 $350\sim 370^{\circ}\text{C}$

之下加热过 1 小时的活門內腔中。在填鈉之前，鈉絲須用清潔的毛巾拭干。定期檢查上述每份鈉的重量，其重量应等于 34~36 克。填鈉后将活門于 260~270°C 之下加热 15 分鐘，使鈉熔陷到底部。然后将活門杆部上的孔用金屬堵头压入之。并将活門送至焊接工段活門頂部用 $\times 12\text{M}$ 鋼焊接之。

VIII. 活門杆部末端的焊接

活門杆部末端的焊接用牌号为 X12M 的耐磨工具鋼于对口焊接机上进行之。焊接时須注意待焊的 X12M 鋼棒的長度不小于 60 公厘，不然的話，将会因电流的电阻过小而产生接触不良。焊接以后活門須于云母粉中至少冷却 $1\frac{1}{2}$ 小时以避免端部上产生裂紋，X12M 鋼按 МПТУ—2362—49 供应。并应具有表 5 所列的化学成分：

表 5 X12M 鋼的化学成分(主要元素)

C	Cr	V	Mo
1.45~1.70	11.0~12.5	0.15~0.30	0.4~0.6

此鋼能在空气中淬火并能达到高的硬度 $Rc/_{150}60$ 。

活門杆部被焊接的部位須用噴灯加热至显出亮紅色，也就是使活門端部加热到 820~850°C 的溫度以进行淬火，淬火时将活門浸入水中，但将端部 15~20 公厘留在水面上。活門端部在淬火以后的硬度不应低于 $Rc/_{150}50$ 。

有一种檢驗活門是否漏鈉的專門工序。在此工序将活門杆部朝下放置于 750~800°C 溫度的电爐內加热 10~15 分鐘，然后将菌部于砂箱中冷却以防止活門上司太立特合金熔焊部分的强烈冷却。檢查活門端部焊接处是否漏鈉，同时按样板檢查菌部是否膨脹。这道檢驗工序以后，活門进行最后机械加工，然后送去进行杆部氮化。

IX. 活門杆部氮化

整个活門除去 10~15 公厘長的端部外均

須进行氮化。不氮化的部位用水玻璃加以保护以免产生裂紋。杆部需要氮化的部位用干燥的細砂进行吹砂。杆部的表面应具有均匀非光澤的顏色。任何斑点都不容許。氮化按下述条件进行。

溫度 650°C，加热時間 13~14 小时，持續時間 30~35 小时，連箱在通氨气之下冷却至 200°C，然后于空气中冷却。

氨的分解率为 60~80%，氮化深度为 0.08~0.12，氮化層表面硬度为 $Rc/_{15} \geq 80$ 。

X. 活門檢驗

現在簡單談談几种在活門生产中的檢驗工序：

A. 初次檢驗

1. 檢驗活門內腔的清潔程度及半徑大小。

在熔焊司太立特合金之前(在工序 175 时)活門內腔須进行拋光并用鉛进行專門檢驗。进行这种檢驗时，将活門于 450~500°C 之下加热 30 分鐘，然后将 25 公厘長及直徑 8 公厘的鉛条塞入內腔中。現今这道工序已經作了更改，活門不加热，而用定量勺子将熔化的鉛注入活門內腔。然后迅速将活門水平放置以冷却之。待冷却以后，将鉛胚从活門內取出，并檢查半徑印痕的質量。如果發現半徑印痕不清楚，有大的孔穴及金屬屑时，零件須送去重新洗滌，然后再用鉛澆出半徑。

2. 滾光活門內腔。

在活門內腔填鈉之前(在工序 286 时)活門內腔須进行滾光。將直徑 6 公厘的鋼球及直徑为 2~3 公厘的碎鉄絲塞滿半个活門內腔的袋形部分。杆部上的孔用堵头塞住，将活門裝于滾光裝置上并滾洗 2 小时之久，然后将活門內腔加以洗滌，吹干并用照明計檢查有无氧化皮、銹蝕及金屬屑等。

B. 最后檢驗

最后加工好的活門須进行下列各檢驗工序：

1. 檢驗活門的壁厚差。此道工序用 X 光透

視杆部及菌部內腔的方法进行，將活門于水平及垂直位置进行两次透視。按現行技术条件的标准进行檢驗，即杆部容許壁厚差 0.4 公厘（按尺寸 1.7~2.26），喇叭口的壁厚差为 0.75 公厘（按尺寸 4.2~6.2）。

2. 腐蝕檢驗。

腐蝕檢驗是为了显出冶金上的缺陷如縮孔、髮紋、晶粒度不均匀以及司太立特合金熔焊缺陷如鉄在司太立特合金中的偏析及端部焊接的牢固性。腐蝕分两次进行。先腐蝕 ЭИ—69 鋼，后腐蝕 ВХП—1 司太立特合金。

（1）第一次腐蝕

在腐蝕之前，將活門仔細进行除油及洗滌，然后将零件完全浸入下列成分的腐蝕溶液中：

硝酸（比重 1.3~1.4）75% 容量；

盐酸（比重 1.5~1.19）25% 容量。

腐蝕温度为 15~25°C。持續时间为 3~5 秒鐘。

零件經最后洗滌以后須于温度为 15~25°C 的 3% 碳酸苏打溶液中用短時間浸入 3~5 次的方法进行中和。

附注：整个活門的腐蝕在活門杆部未經氮化时进行。杆部經氮化后，則活門腐蝕时須將氮化过的部分加以保护。

（2）第二次腐蝕

这次腐蝕仅腐蝕活門熔焊有司太立特合金的部分。腐蝕时将活門浸入腐蝕溶液至完全浸沒熔焊層为止。腐蝕溶液的成分如下：

氯化鋁 14 克

鉄氰化鉀 40 克

盐酸（比重 1.12）4 克

蒸餾水 100 立方公分

腐蝕温度 20°C 持續時間 5~7 秒。

每次腐蝕以后，活門应进行仔細的檢查。均按現行技术条件所規定的缺陷标准决定报廢的問題。

最后檢驗以后，將活門先于水中，后于苏打——重鉻酸溶液中洗滌。后者的成分如下：

苏打 0.8~1.0%。

重鉻酸盐 0.05~0.1%。

温度为 70~90°C，时间为 3~5 分鐘。

經洗滌后，將活門于 200°C 的烘箱中加热 30 分鐘以除去氫气，并送至机械加工車間以完全除去腐蝕的痕迹。

3. 活門填納程度的檢驗。

这种檢驗是用專門仪器进行的，該仪器是根据当电流通过活門时测量其电压降的原理設計的。

报告到此可算結束了。但还应该再次地着重指出，为了制造优良質量的排气活門，必須特別小心地遵守各个工艺过程。在本报告中不可能包括工艺規程的所有細节問題，而仅作了一般的介紹，指出了某些工艺过程的特殊特点。使大家对 АИИ—62ИР 航空發动机空心排气活門的制造有一个完整的概念。

曾少潜譯

化学工业部于 1958 年 4 月 3 日批准以下几种部頒暫行标准，并已于六月初在各地新华書店公开发行，需用單位可前往購買！

标准名称及編号列下

清漆	化暫 2054-58	酚醛清漆	化暫 2058-58
厚漆	化暫 2055-58	脂胶磁漆	化暫 2059-58
調和漆	化暫 2056-58	酚醛磁漆	化暫 2060-58
脂胶清漆	化暫 2057-58		