

三活叶技术資料三

总 号: 224

热加工: 051

内部資料 注意保存

AЛ4鋁合金熔铸試驗

第一机械工业部新技术先进經驗
宣传推广联合办公室

1965.9

目 录

一、前言.....	(1)
二、AЛ4 鋁合金主要鑄造缺陷一般情况的說明.....	(1)
三、鋁合金溶液中气体和氧化夹杂物的来源.....	(2)
四、在試驗中防止AЛ4 鋁合金溶液中气体和氧化夹杂物的措施.....	(4)
五、AЛ4 的提炼、变質.....	(6)
(一)、在熔融鋁合金 (AЛ4) 液中除气 (氢)	(6)
1. 应用氯化鋅除气.....	(6)
2. 应用六氯乙烷除气.....	(10)
3. 应用熔剂除气.....	(16)
(二)、AЛ4 鋁合金的机械性能与变質.....	(17)
六、造型工艺.....	(21)
七、結束語.....	(24)
参考資料.....	(25)

AJ14鋁合金熔鑄試驗

一机部七、八局有色攻关組

一、前 言

由于鋁合金有一系列的优点，在我們电器工业部門，它更有許多独到之处（如导电、导热、性能好、又不导磁等）。由于鋁合金比重較小，单位强度高，因此很适于用来制造电器零件。

目前，AJ14合金应用較广，西安开关厂在一些要求較高的零件上均应用AJ14合金（如空气断路器上主体零件“軀壳”等）需作液压检查在30个气压以上。

目前AJ14鋁合金鑄件存在的主要鑄造缺陷为針孔，夹渣（氧化皮）和机械性能不稳定等。

鑑于AJ14鋁合金具有良好的鑄造性能（很好的充型能力，較小的线收縮，无裂紋及疏松傾向）与較好的机械性能（经热处理后 $\sigma_b=23$ 公斤/毫米²， $\delta=3\%$ ）和高的致密性（在补縮良好的情况下）。因此可以鑄造薄壁形状复杂，强度要求較高的鑄件。我們作熔鑄試驗，以期在其它鋁合金熔鑄工艺上有所改进和提高。

二、AJ14鋁合金主要鑄造缺陷一般情况的说明

1. 針孔，是指鑄件经加工后表面出現的弥散、針状的小孔，其主要是熔炼中除气（氢）未尽所造成的，但即使除气工作良好，鋁合金（特别是AJ14）浇入鑄型中，由于合金（特别是Mg）与造型材料中的水份发生作用，以及存在于金属表面或悬浮于金属内的夹杂物（如碳化鋁、氧化鋁）与水蒸汽以及其它气体发生反应而重新吸收了氢气所造成的。針孔的存在，会降低鑄件的机械性能，也不能承受水压試驗。（見后）。

2. 夹渣—鋁合金易产生氧化膜（氧化皮），但其氧化膜在通常熔化溫度下比較致密，所以能防止鋁液的繼續氧化。

但是，由于操作不当，经常会将铝液表面氧化膜搞坏，甚至将其搅入铝液内部。这样，因氧化皮比重（3.77）与铝（2.6）相近，且在其上面往往附有小气泡，因此存在于铝液中的氧化皮悬浮物不易自行从铝液中排出，而在铸件中形成氧化夹杂物，显著地降低了机械性能。（附着于氧化夹杂物上的小气泡亦是铸件中气孔的一个主要来源）因此熔炼中必须仔细操作，不要将氧化皮搅入铝液内，并应作好精炼，变质操作过程。

显然，就是熔炼过程铝液处理的很好，铝液中不带有氧化夹杂物，在浇注和金属流入型腔的过程中，仍然会使铝合金氧化，尤其是断流，浇注系统开设不当，流入型腔时产生喷射、涡流现象时，又会产生氧化夹杂物。

所以，为了获得品质优良的铝合金铸件，极其重要的一点就是采用可以保证铸型充填时，液体金属成平稳的层流运动的浇注系统。

3. 机械性能不稳定——产生这一缺陷往往发生在下述情况：

（1）化学成份选用不当。应该指出：当成份符合国家标准时，强度也不一定很好，还必须注意各元素之间的比例关系。

（2）熔炼中除氢未尽，铸件中有针孔，以及铝液中带有氧化夹杂物而使机械性能下降。

（3）变质处理不当，变质效果不良所致。

（4）热处理不当，产生过烧及热处理不充分时，热处理后的机械性能达不到要求。

三、铝合金溶液中气体和氧化夹杂物的来源

铝液（铝合金液，下同）中常含有的气体和氧化夹杂物，主要是 H_2 和 Al_2O_3 ，它们较多的存在造成了针孔、夹杂等熔铸缺陷的形成，使合金的机械性能、气密性等显著下降。因此防止和除去铝液中的 H_2 和 Al_2O_3 使其含量尽可能的减少，就成为铝合金熔铸中最突出的问题。

为了防止和去除铝液中的 H_2 和 Al_2O_3 ，应先了解它们在铝液中产生、形成、存在的原因、过程和条件，然后采取相应措施加以防止和去除，现将其综述如下：

1. 鋁与氧亲和力很大，很容易氧化 ($4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$)，鋁液遇 H_2O 反应极为剧烈 ($2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$)，反应生成的 H_2 分压力 (P_{H_2}) 非常大，由于 P_{H_2} 的作用使 H_2 进入鋁液中。鋁——氧反应，鋁—— H_2O 反应的速度，均随温度升高而急剧加快。

2. 鋁液表面氧化膜 (Al_2O_3) 一般能阻碍炉气中的 O_2 、 H_2O 、 H_2 进入，阻碍其与鋁液接触，从而减少了 H_2 进入和阻緩了 O_2 、 H_2O 与鋁液的反应速度。对鋁液有較好的保护作用，其保护作用随温度的升高而显著下降。鋁液中的 Mg 、 Na 、 Ca 使氧化膜的作用减弱，然而加入少量的 Be 、 Li 又能使該膜的保护作用增强。液面 Al_2O_3 膜的外表面很容易吸附 H_2O 、 H_2 、 O_2 等气体。

3. 大气中 H_2 很少，固体鋁炉料内深处的 Al_2O_3 和 H_2 亦較少，鋁液中含量較多， H_2 和 Al_2O_3 主要是经下列途径而来的。

(1) $\text{Al}-\text{O}_2$ ， $\text{Al}-\text{H}_2\text{O}$ 反应中生成的 Al_2O_3 和 H_2 。

(2) 潮湿的燃料使炉气中的水汽 (H_2O) 增高，使 $\text{Al}-\text{H}_2\text{O}$ 反应的机会增多， H_2O 在高温下分解成： H_2 、 O_2 。 H_2 由于 P_{H_2} 的作用进入鋁液， O_2 使 $\text{Al}-\text{O}_2$ 反应机会更加增多。

(3) 熔炉中燃料燃烧不完全，炉气中含有大量的碳氢化合物与水蒸汽在高温下分解出的 H_2 。

(4) 保存在干燥处的鋁炉料表面亦有一薄层 Al_2O_3 膜，亦能吸附 H_2O ，但吸附的 H_2O 随炉料預热 (温度、时间) 而显著下降。

(5) 置于潮湿处的鋁炉料表面形成較厚 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 腐蝕层、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 层中的化合态 H_2O 一般的預热不能除去，仅当温度 $>400^\circ\text{C}$ 时 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 才开始分解成 Al_2O_3 和 H_2O ，厚的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 层即使用噴砂法除去1毫米，虽然显著减少其带入的 H_2O 和 Al_2O_3 ，但是仍因 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 有残留会带入一些 H_2O 和 Al_2O_3 。

(6) 熔剂使用前未完全烘干，亦带入 H_2O 。

(7) 如应用氯化鋅除气时，氯化鋅脱水未尽或返潮，带入水份。

(8) 熔注工具表面常吸附 H_2O ，随工具烘烤 (温度、时间) 显著减少，工具生銹吸附 H_2O 数量显著增多，而鉄銹遇鋁亦发生反应生成杂质 Al_2O_3 和 Fe 。

(9) 由于鑄型中的水份 (特别是含水量高的湿型砂) 与鋁 (特别是經變質处理的鋁—硅系合金) 的反应分解出氢, 为鋁液所吸收, 同时产生氧化皮膜。

四、在試驗中防止Al14合金溶液中气体和氧化夹杂物的措施。

鋁合金中 H_2 和 Al_2O_3 的来源, 以及促使和制約它們生成的因素如前所述。在試驗中, 我們采取了下列防止措施:

1. 炉料存于干燥处, 炉料在配料前噴砂, 并在投料前預热至 $250\sim 400^{\circ}C$ 。

2. 坩堝和浇包使用前应仔細地除去粘附其上的氧化渣, 并充分預热和烘干; 熔化、浇注工具使用前应彻底清除粘附其上的鉄锈、氧化渣、残旧涂料层, 然后重刷涂料 (涂料成分为: 水玻璃 5%、氧化鋅 15%、水 80%) 并經充分烘干和預热。

3. 將焦碳晒干并存于屋內干燥处。采取措施 (詳見炉子总结) 防止炉气与鋁液接触, 并使炉气呈微氧化性。

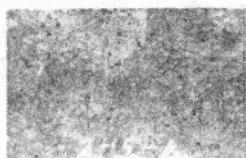
4. 熔剂 (复盖剂、精煉剂、變質剂) 使用前要充分烘干, 对 $ZnCl_2$ 則采取重熔法去水后, 趁热使用。

5. 严格地控制熔煉溫度。在我們使用的焦碳坩堝炉上, 为使Al14合金熔煉溫度不超过 $760^{\circ}C$, 我們曾采取了一系列措施 (詳見炉子总结), 結果有85%試驗炉次达到了这一要求。

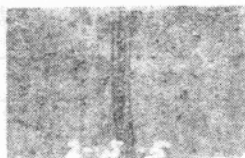
为了說明熔煉溫度对鋁液中 H_2 和 Al_2O_3 形成的影响, 我們做了一次試驗, 即把同一炉鋁液在精煉后分开 (將溫度升到 $770^{\circ}C$), 一部分仍留在坩堝中, 一部分倒出, 浇入經充分預热的浇包中, 然后在不同的溫度下、分別的、同时进行變質和浇注。鋁液在 $770^{\circ}C$ 分开后, 它們各自有关的因素及变化情况見表一, 浇注的含气試样經加工腐蝕后的照片見由图1显而易见2—5—4比2—5—5差, 其主要原因是熔煉溫度的影响。

表1注: ①溶試样中心垂直平分剖开达 $\nabla\nabla_4$ (車成)。

②用8%的NaOH腐蝕 (浸蝕), 然后用2%的 NH_4OH 溶液冲洗, 最后用水冲洗。



試驗爐號 2—5—4



試驗爐號 2—5—5

圖 1

表 1

試驗 代號	鋁液溫度℃				變質處理				試型 含 水 鑄量	加工 方法	腐蝕			備 注
	分開 時	變質處理		試樣澆注 時	變質劑		方 法	時間 (分)			溫度	時間	方法	
		開始	結束		種類	數量								
2-5-4	770	770	900	790	四元	2%	液面切	7	6.8%	見①	75℃	1'50"	見②	爐內 坩鍋 中
2-5-5	770	750	700	700	四元	2%	液面切	4	6.8%	見①	67℃	2'	見②	爐外 澆包 中

6. 加快熔化速度，縮短熔化時間。我們用可傾式焦碳坩鍋爐，做好熔煉和澆注前的准备工作；提高坩鍋和爐料的預熱溫度；用壓縮空氣來增強爐內送風等。因此，由裝料到熔化一般為30分鐘左右（占75%爐次），部分為60分鐘左右（占25%爐次）；由出爐澆注到澆注完畢一般不超過30分鐘（占95%爐次）。

根據試驗後期情況看來，熔煉時間還可縮短，試驗前期，由於焦碳坩鍋爐控溫困難，往往為了控制精煉溫度、變質溫度拖長了熔煉時間。

熔化速度對鋁液吸氣的影響：對2—19—1爐與2—13—2爐原始鋁液（即精煉前的鋁液）的含氣試驗中，可以明顯看出，它們各自的有關因素及結果見表2，雖然後者（2—13—2）熔化溫度較前者低，但因熔化時間長，結果氣孔等級仍較前者低。

表 2

試驗爐号	原始鋁液的		試 樣 的		气孔等級
	熔化時間 (分)	熔化溫度 (°C)	鑄型类别	澆注溫度 (°C)	
12-19-1	37	720	干	720	接近 2 級
2-13-2	70	700	干	700	低于 5 級

注：①試样加工方法：均由試样頂部向下車去試样高度 ($\nabla\nabla_4$)；

②腐蝕条件相近，对試样可比性影响很小。

五、AЛ 4 鋁合金的提炼、变质

熔融合金的提炼，包括去除氢气与消除氧化物 (Al_2O_3)，而氢与氧化铝二者会同时伴随存在，二者又可在提炼过程中同时去除与减少。下面所作的試驗着重在去除氢气方面，我們称之为除气，随着除气的过程也作了消除或减少氧化物 (Al_2O_3) 的功效。

我們企图在AЛ 4合金中通过变质来改善机械性能，并通过变质剂的选择来寻求既有变质又有除气，又能去除氧化物的万能作用，便于在生产中应用。

(一) 在熔融鋁合金(AЛ 4)液中除气 (氢)

为了去除溶于鋁合金溶液中的氢气，我們在生产条件下，进行了下述三种除气的工艺試驗，目的想从中找出生产中易于掌握而又能确保除气效果的工艺方案。

我們是在自制的可傾式焦碳坩堝炉內进行試驗的。这种炉子的燃烧产物会经常与坩堝內的鋁合金溶液相接触，由此增加了控制熔炼的复杂性。

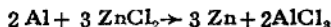
1. 应用氯化鋅 ($ZnCl_2$) 除气，

用 $ZnCl_2$ 除气，在生产中经常出現除气效果不稳定的情况，我們企

因加强处理工艺的掌握来提高除气效率。

氯化鋅的比重为2.91,熔点 365°C , 沸点 732°C 。

氯化鋅加入鋁液后的反应式为:



反应生成气泡状 AlCl_3 , 开始时由于氢在 AlCl_3 气泡内的分压力为零, 鋁液中的氢即不断扩散而进入气泡中, 气泡上浮, 氢即被带出而达到除气目的。与此同时亦促成了鋁液中悬浮氧化物, 質点的排除, 但是应用氯化鋅除气有它一定的缺点。

①氯化鋅易吸收潮气, 必須重熔, 而重熔的好坏是影响除气效果的因素之一。

②氯化鋅经反应所析出的鋅, 进入鋁—鋇系合金中会損害金属的質量, 由于鋅的影响, 应用氯化鋅除气处理, 不宜过多, 一般規定在0.1~0.2%之間。

我們綜合各厂的經驗, 在应用氯化鋅除气处理时, 注意到下列几个工艺因素的掌握。

①氯化鋅的重熔

氯化鋅吸湿性很强, 必須在使用前重熔, 重熔必須完全脱水而不过烧, 有些資料規定氯化鋅的重熔溫度在 $365\sim 380^{\circ}\text{C}$ 不宜过高, 我們是在炉旁小鉄勺中重熔, 待氯化鋅熔化表面有大气泡轉到小气泡, 快要完毕时, 浇在預热烘干清洁的鋁板或涂有涂料的鉄板上, 浇成薄片状, 此时氯化鋅应为脆性的干燥的, 断面为淡棕黃色的薄片状, 并乘热压入鋁合金液中处理之。我們在2—6炉的試驗中 ZnCl_2 已重熔好, 但鋁液溫度偏低 ($<700^{\circ}\text{C}$), 为着等待升高溫度, 重熔的氯化鋅在大气中停留了稍长的時間, 再加入到鋁液中, 結果, 经炉前試驗检查气泡特別严重, 該炉鋁合金只得鑄錠重熔。

②氯化鋅加入方法:

將鋁液表面的熔渣清除干淨, 再將经重熔处理的 ZnCl_2 趁热用干燥的紙包好置于液面中心, 等紙燃完后, 在 ZnCl_2 冒白烟前, 用经預热 (烘干) 涂有涂料的鉄鐘罩, 將其压入鋁液, 压入深度 (距液面距离) 为鋁液总深度的 $1/3\sim 3/4$ 处, 并緩慢的前后左右移动, 直到不再見

气泡上浮为止。为了延缓 (ZnCl_2) 的作用时间,并使炉内铝液均能受到除气效果,有将氯化锌分批加入的方法,这对熔池面广大,深度浅的熔炉就更加重要,因此我们在 ПК-90 电阻炉中熔炼 АЛ4 时,氯化锌分二次压入,而在坩埚炉里则用一次加入法。(因其熔池面窄小,熔池较深,炉气、炉温难以控制,为减少多次加入的不利影响而宜用一次加入法。

③氯化锌用量:

一般规定氯化锌用量为 $0.1 \sim 0.2\%$ (占铝液总重),一方面由于试验期间多雨,空气潮湿,另一方面 АЛ4 合金中含有 $0.17 \sim 0.3\%$ 的 Mg。 ZnCl_2 与 Al 反应生成的 AlCl_3 , 将与 Mg 发生反应而生成 MgCl_2 , 在铝液中虽然也有除气作用,但较之 AlCl_3 的除气作用要小得多,由于铝液中 Mg 的存在使 AlCl_3 气泡相对减少,除气效果亦相应降低,因此我们在 АЛ4 合金中选用氯化锌的用量为上限 0.2% 。

④处理温度:

用 ZnCl_2 除气处理时的温度过低 ($< 700^\circ\text{C}$) 铝液粘度较大,反应生成的 AlCl_3 及吸附于上面的氢气不易充分排出,降低除气效果。如温度过高 ($> 732^\circ\text{C}$) 由于 ZnCl_2 的沸点为 732°C , 故 ZnCl_2 大量挥发,使气泡形成速度加快,体积增大,很快上浮从而使气泡表面吸附的 Al_2O_3 和进入气泡的 H_2 都相应减少,这样就降低了除气效果。从这点出发,一般认为精炼温度以 $710 \sim 720^\circ\text{C}$ 为宜。АЛ4 中含有 Mg, 反应时有 MgCl_2 产生, MgCl_2 的熔点为 715°C 如果在上述温度处理,则产生部分的固态 MgCl_2 会阻碍 H_2 向气泡中扩散,且使 Al_2O_3 等氧化夹杂物不易被吸附到气泡表面上去,如将处理温度提高到 $740 \sim 750^\circ\text{C}$, 此时停留在气泡表面的液态 MgCl_2 , 不但不会起上述坏作用,反而能延缓气泡上浮,对精炼效果有好处。因此,从这点出发,有人又认为除气温度以 $740 \sim 750^\circ\text{C}$ 为宜。这就给我们提出以何种温度进行是最适宜的问题? 为此我们进行了下述试验对比:

在 (ZnCl_2) 用量,加入方法相同,其它熔炼条件很相近的情况下,将 2—4 炉与 2—10 炉比较后发现:含气试样 2—4—1 气孔等级属于五级,而 2—10—4 属于四级。2—4—1 比 2—10—4 差,看来与氯

化鋅作用時間有關，而影響作用時間的主要因素是除氣溫度。2—10 4 處理溫度為 720°C ，此時 MgCl_2 雖對除氣效果無多大益處，但因 ZnCl_2 作用時間長（共4分鐘）精煉效果仍然較好。2—4—1精煉溫度為 750°C ，此時 MgCl_2 對精煉效果是有利無弊，但 ZnCl_2 作用時間較短（只有一分鐘）故精煉效果反而差。

因此，我們認為：如使 ZnCl_2 作用時間增長，又能使 MgCl_2 的利多弊少，精煉溫度一般選擇在 $720\sim 730^{\circ}\text{C}$ 為宜。

⑤氯化鋅處理後靜置時間：

用氯化鋅處理後靜置時間對除氣效果的影響與用 C_2Cl_6 除氣處理後需要的靜置時間作用相同，此處省略。

應用氯化鋅除氣處理效果對比如表3。

表 3

爐 號	處 理 情 況				除氣處理 後氣孔度
	氯化鋅處理	加 入 量 與 操 作	處理溫度	靜置時間	
2-3-3	在除氣前 5~10分鐘 將氯化鋅在 鐵勺中熔化 并鑄成塊 (應呈焦黃 色)	0.2%一次壓 入坩堝下部	730°C		5級
2-5-2		0.2%一次壓 入坩堝下部	710°C	8分	5級
2-6-1		0.2%一次壓 入坩堝下部	720°C	6分	4級
2-10-3		0.2%一次壓 入坩堝下部	720°C	7分	4級
2-11-3		0.2%一次壓 入坩堝下部	720°C	7分	5級
2-12-2		0.2%一次壓 入坩堝下部	710°C	7分	5級

由上表我們可以看出試驗的效果不高，估計其原因：

①在焦碳爐中，爐氣爐溫不能理想掌握。

②我們的試驗是在夏初多雨氣候潮濕下進行的，可能造成氯化鋅在除氣中又有吸氣。

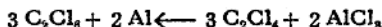
③氯化鋅本身除氣效果不是太好的。

2. 应用六氯乙烷除气:

用六氯乙烷 (C_2Cl_6) 除气, 是目前铝合金熔炼中的一种较好的方法, 其除气能力较氯化锌氯化锰都高。

六氯乙烷是一种无色而具有嗅味的晶体物质, 其比重为 2.097, 加热时 185.5 度升华, 六氯乙烷不吸潮, 应用和保存都很方便。

在熔化的条件下, 它和铝合金液体发生下列反应:



(1) 六氯乙烷与氯化锌除气能力的比较

为了明确六氯乙烷的除气能力, 我们一开始就作了与氯化锌的比较。在同样成份的 AJ14 合金中, 在同一燃煤反射炉中, 同样操作。我们把同样浸湿的石棉手套加在熔融的铝合金中, 使其汽体饱和, 然后分别用 0.2% 脱水氯化锌与 0.6% 六氯乙烷 (压成圆饼状) 进行除气, 处理时温度为 720~730 度。

试样经加工腐蚀后, 用脱水氯化锌除气后的针孔度为五级, 试样的编号为 2—9—2, 用六氯乙烷除气后的针孔度为一级, 试样编号为一 9—1。其照片如图 2。



用脱水氯化锌除气的气孔度为 5 级。 用六氯乙烷除气后的气孔度 1 级。

图 2

(2) 应用六氯乙烷的除气操作

① 先将粉状的六氯乙烷放在铝箔内, 装入压具内压制成一定形状的块饼。

② 将六氯乙烷饼块装入钟罩内如下图 3。

③ 待铝液到达 740~750°C 时将钟罩压入坩埚的 3/4 深处, 并把钟罩作圆周移动。

④ 待作用完毕后提出钟罩。

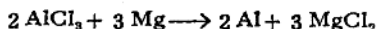
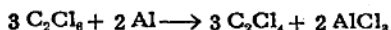
⑤再压入另一块六氯乙烷饼，如此压入4—6次。

⑥全部六氯乙烷压完后，扒渣并静置一定时间，然后作炉前含气性试验，合格后进行变质处理。

(3)应用六氯乙烷除气时掌握几项工艺因素
我们在为数不多的试验中，注意到下列工艺因素对除气程度的影响，①六氯乙烷除气温度的选定，②六氯乙烷的用量，③六氯乙烷的作用时间，④六氯乙烷处理的静置时间。

①六氯乙烷除气温度的选定：

根据M. B沙诺夫的试验，提出对AЛ9合金用 C_2Cl_6 除气温度740~750°C为合适，我们对AЛ4合金（含Mg），同样选用了这个温度范围，目的在于发挥其良好的除气作用，由于



在740~750°C时熔融的液态 $MgCl_2$ 也具有除气作用。

②六氯乙烷的用量：

我们取了占铝合金液重0.3%、0.4%、0.5%、0.6%的 C_2Cl_6 的用量，对AЛ4合金的除气能力进行比较。

试验是在固定下列各项工艺条件下进行的：

(甲) 熔炉—为可倾式焦炭坩埚炉；

(乙) 除气温度为740~750°C；

(丙) 处理完毕后取样时的静置时间为8~9分钟；

(丁) 试样的浇注温度为700~720°C；

(戊) 试样为砂型、干模；

(己) 铝液重量为12~14公斤、坩埚为40*。

从试样经加工腐蚀后的气孔度等级（见表4）中可以看出，随着 C_2Cl_6 用量的增加，铝液中气体（氢）含量急剧下降， C_2Cl_6 用量为0.3%时，能使铝液含气量从5级降到4级，当用量增加到0.6%时，能使铝液

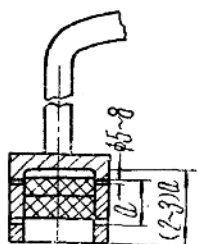
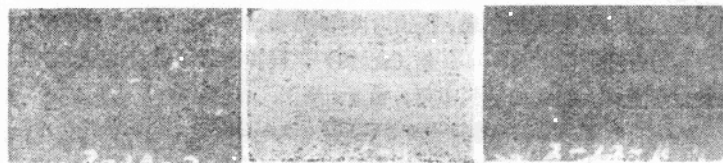


图 3

含气量从4級降低到1級。

表4 C_2Cl_6 用量对AЛ4合金含气量的影响

C_2Cl_6 用量 (%)	試驗次数	气 孔 度 等 級		說 明
		除 气 前	除 气 后	
0.3	2	5 級	4 級	图4(2)
0.4	2	5 級	3 級	图4(3)
0.5	2	4 級	2 級	图4(4)
0.6	3	4 級	1 級	图4(5)



(1) 原始合金。 (2) 用0.3% C_2Cl_6 除气。 (3) 用0.4% C_2Cl_6 除气。



(4) 用0.5% C_2Cl_6 除气。 (5) 用0.6% C_2Cl_6 除气。

图4 含气試样加工腐蝕后的照片。

虽然在焦炭坩埚炉中熔炼的条件較差,如炉气、炉温、熔炼速度、除气处理时鋁液温度的变化……等条件,不能尽如理想的掌握,然而能从表4、图4中看出用不同用量的六氟乙烷具有不同的除气效果,当用量为0.6%时可以获得針孔度1級的良好效果。

可以看出,如果应用电炉熔炼,鋁合金用量較大时以及原始合金含气量較少时, C_2Cl_6 的用量还可以减少,我們在西安开关厂 $\pi K90$ 电炉中熔炼

350 公斤 АЛ4 合金時曾只用了 0.15% 的六氯乙烷。

③ 六氯乙烷的作用時間

六氯乙烷加入到鋁液中，其反應持續時間的長短，直接影響到精煉的效果。

M. B 沙諾夫的試驗證明：在熔煉條件不變的情況下（包括 C_2Cl_6 的用量不變），隨著六氯乙烷作用時間的增長，合金中含氣量顯著減少，我們的試驗也說明了這點。

六氯乙烷加入前的形式、幾何形狀與尺寸（即作用面積）、打緊程度（假比重）、分批加入的次數、鋁液的深度及液面大小（決定於爐子結構和熔化數量）等，對六氯乙烷除氣作用的長短有很大的影響。

（甲）加入次數，M. B 沙諾夫的試驗證明，在 C_2Cl_6 用量相同時，隨著加入次數增多，其作用時間相應增長，M. B 沙諾夫認為加入次數以 4~5 次為宜。試驗中，我們取加入次數為 4~6 次。

（乙）熔化數量——熔化鋁合金液體的重量。

在爐子結構型式、坩堝大小一定時，鋁液的深度隨著熔化數量的增多而相應的增高，隨著熔化數量的增多，除氣作用時間也增長。在 C_2Cl_6 用量相同時（0.5%），熔化數量為 12 公斤，39 公斤；作用時間分別為 1 分 51 秒、2 分 15 秒；在 C_2Cl_6 用量相近（0.5~0.6%）時，熔化數量，分別為 39 公斤、58 公斤、作用時間分別 2 分 15 秒、10 分零 8 秒，在實際生產中熔化數量比試驗中熔化數量還要大，可推測到除氣效果還會更高。 C_2Cl_6 用量相應還要減少。

（丙） C_2Cl_6 加入形式：

六氯乙烷加入前的形狀與其影響如表 5。

六氯乙烷加入前的形狀對精煉時持續時間有很大的影響，因它的升華點很低，而除氣處理時溫度又很高，把它加到鋁液中反應很激烈，開始造成鋁液的沸騰，不但沒有充分利用 C_2Cl_6 ，而且造成鋁液吸氣的機會。

為了使反應進行得比較平穩，並延長持續時間，我們將粉狀的 C_2Cl_6 用鋁箔包好，打緊成塊狀，加入鋁液，試驗效果很好。

制塊的形式（幾何形狀、面積/容積、塊度）和打緊程度（假比重）

表 5

加入形式 及塊度 (毫米)	爐號	假比重 克/厘米 ³	面積與容 積之比值	除氣過 程總作 用時間	氣孔 等級	加入 次數	鋁液 數量 公斤	C ₂ Cl ₆ 用量%
花卷狀 30×30×12	2-13	1.1	3	1分51秒	2級	5	12	0.5
扁平狀 30×25×12	2-13	1.3	3.1	3分	接近1級	4	12	0.5
圓餅狀 φ50×20	2-20	1.5	1.3	10分08秒	1級	6	58	0.6

直接影響作用時間和除氣效果。我們試用了三種制塊形式即：花卷狀、扁平狀、圓餅狀。由表5看出，圓餅狀除氣效果較好，扁平狀次之，花卷狀最差，其除氣效果的優劣主要取決於打緊程度（假比重）和作用面積（面積/容積），假比重愈大，作用面積愈小，則反應速度愈慢，作用時間愈長，精煉效果就愈好。

我們在試驗中，C₂Cl₆用量之所以較高，主要原因之一是打緊程度不高之故（假比重小）。

因此為了提高除氣效果，減少C₂Cl₆用量，我們認為必須合理的選擇制塊的幾何形狀。其原則是便於打緊，反應面積小。從試驗中看來對於圓柱狀只要選擇最適宜的直徑與高度的比值，可達到滿意的除氣效果。若能採用專門工具和設備，提高制塊的打緊程度，C₂Cl₆用量仍可減少，除氣效果還可提高。

④靜置時間，即除氣後讓鋁液平靜的停留時間。除氣後靜置一定時間的目的是給除氣時鋁液中尚未來得及逸出液面的氣體和夾雜以逸出的機會。如靜置時間過短，氣體未能全部逸出，影響除氣效果的提高，若靜置時間過長，反而會給鋁液造成再次吸氣的機會。特別在焦炭爐中、爐氣、爐溫不易控制，就會更加明顯更加嚴重。在試驗中也証明了這點。見表6。

由表6看出在8分鐘內鋁液中含氣量隨着靜置時間增長而相應下

表 6 合金液靜置時間与气孔度的关系

爐号	C_2Cl_6 用 量	靜置時間 气孔等級		2	4	5	6	8	10	12	14
				分	分	分	分	分	分	分	分
2-19	0.6%				2-3		2(3)	2	2	2-3	
2-18	0.5%				2-3			2			
2-17	0.4%				4			3	2(3)	2-3	
2-14	0.4%			4				3			3(4)
2-15	0.3%				5			4			

注：2—3即代表2級，3級之間；2（3）即代表2級，局部3級，其余类推。

降，在10分鐘以后鋁液中含气量隨靜置時間增长而逐漸升高。故一般在焦炭爐中熔鋁除气处理后靜置時間以8~10分为宜（这与爐气影响有关）。靜置時間与鋁液深度和液面大小有关，即与熔化数量及爐子结构或埕埚大小有关，对鋁液深度浅，液面大者可选用下限，反之选用上限。

（4）应用六氯乙烷处理AJ14的机械性能。

在試驗中对AJ14合金鑄态机械性能的检查（见表7）說明用 C_2Cl_6 。

表 7

除气处理	变 質	机 械 性 能			状态
		抗拉强度 (公斤/毫米 ²)	延 伸 率 %	硬 度 (H _B)	
用0.2%ZnCl ₂ 除气	用2%，四元变质剂变质	15.0~16.5	2~4.5	51.9~59.5	鑄态
用0.3~0.6% C_2Cl_6 除气	用2%，四元变质剂变质	15.2~17.3	2.5~4.34	51.9~59.5	鑄态
用0.4~0.5% C_2Cl_6 除气	未 变 質	14.2~15.8	1.67~2.5	56.8~59.5	鑄态