

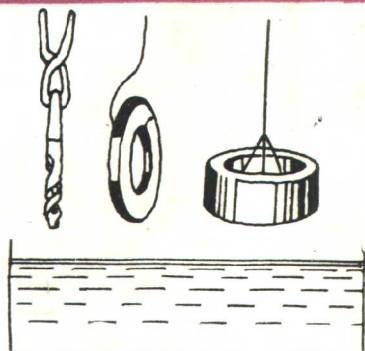
机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

钢的渗铝

李忠扬 朱斌 编

热处理



机械工业出版社

内容提要 本书是在1960年版《钢的表面固体渗铝》一书的基础上增加了液体渗铝、气相渗铝、热喷涂渗铝、料浆渗铝和真空蒸镀等内容编写而成，系统介绍了六种渗铝工艺方法及简单原理，内容通俗易懂，可供2~4级热处理工阅读。

钢 的 渗 铝

李忠扬 朱斌 编

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $2\frac{7}{8}$ ·字数 69 千字

1985 年 4 月北京第一版·1985 年 4 月北京第一次印刷

印数 00,001—5,700·定价 0.45 元

*

科技新书目：93-118

统一书号：15033·5778

75-77
6055

目 次

一 前言	1
二 渗铝的简单原理	3
三 固体渗铝	8
1 渗铝剂的成分和制造方法(8)——2 固体渗铝的操作工艺(12)	
——3 固体渗铝工艺过程中发生的问题、产生原因及其消除方法(21)——4 固体渗铝的金相组织(23)	
四 镍基合金的固体渗铝	24
1 零件材料成分及其状态(25)——2 设备与工艺流程(25)——	
3 渗铝剂及其配制方法(29)——4 非渗铝部位防护方法(29)	
——5 金相组织及其渗层耐蚀性试验(31)	
五 液体渗铝	32
1 概述(32)——2 液体渗铝设备(33)——3 液体渗铝工艺过程(34)——4 液体渗铝工艺在电炉底板上应用(35)——	
5 液体渗铝的金相组织(37)	
六 气相渗铝	37
1 需要惰性气体作载体的气相渗铝方法(37)——2 不需要惰性气体作载体的气相渗铝方法(低压气相渗铝)(40)——	
3 气相渗铝工艺的特征(43)——4 气相渗铝的金相组织(45)	
七 热喷涂渗铝法	46
1 常用的热喷涂方法和特征(46)——2 金属热喷涂设备的要求和规格(47)——3 气喷枪的使用方法(50)——4 喷涂渗铝的工艺准备及其过程(52)——5 喷涂时常见故障及其消除方法(60)	
八 料浆渗铝法	61

1 料浆渗铝的装置 (62)——2 料浆的配制 (62)——3 涂层工 艺 (64)——4 热扩散工艺和工艺参数 (65)	
九 真空蒸镀扩散渗铝	66
1 真空镀膜 (66)——2 扩散渗铝工艺 (69)	
十 几种渗铝法的优缺点	71
十一 渗铝层深度、时间和温度的关系	72
十二 渗铝层的性质	76
1 渗铝层的铝浓度和显微硬度 (76)——2 渗铝件的耐热、耐腐 蚀性能 (79)——3 渗铝件的机械性能 (87)——4 零件表面渗铝 后的焊接工艺性能 (88)	
十三 渗铝的经济效果及其应用范围	88
1 渗铝件的应用范围 (89)——2 从应用实例看经济效果 (90)	

一 前 言

随着我国社会主义工业建设的飞跃发展，各部门对耐热钢与不锈钢的需要不断增加。为了保证产品质量和节约贵重的镍铬原料或延长它们的使用寿命，寻找耐热钢的代用材料是非常必要的。

经过一些工厂和研究单位的共同努力，到目前为止已找到一些行之有效的代用品，节约贵重的耐热和耐腐蚀的合金材料，例如：耐热、抗腐蚀合金表面渗铝、高铝铸铁和渗过铝的钢和铸铁等。经过长期使用实践证明，这些代用材料在 950°C 以下热稳定性好，其中尤以渗铝的效果较好，并且已在许多工厂得到了广泛采用。经渗铝处理的钢和铸铁，在工作时允许的受热范围可达 $750\sim 950^{\circ}\text{C}$ 。近来，除了低碳钢和铸铁零件以外，许多耐氧化钢和耐热钢，如 SiCr8 、 Cr18Ni9Ti 、 4Cr14NiW2Mo 等以及镍基耐热合金如 K_3 、 GH30 等的零件也进行了渗铝处理，以进一步提高它们的抗氧化性和耐热性。

镍、铬是合金钢中使用得最广泛的合金元素，无论是在结构钢中或是在不锈耐热钢中，通常都含有一定量的镍、铬，其中尤以耐热钢、不锈钢中含量最多。例如：18-8 型不锈钢中即含有 18% 的铬和 8% 的镍。目前铬、镍在我国尚不是富产的金属，并且国际间也是供不应求，价格昂贵。而在许多场合下，又非使用耐热钢和不锈钢不可，例如：蒸汽轮机和燃气轮机的主要零件，热处理炉上的炉底板，热电偶的套管，盐浴炉中的坩埚，气体渗碳炉中的装料筐，以及锅炉上的吹灰管、过热管子、炉条间隔片、

炉内支持架和石油化学工业中的管道和容器等等。因此，寻找不锈钢和耐热钢的代用品，实为当前迫切的任务。

渗铝是提高钢铁（碳素钢、低合金钢、不锈钢）和镍基、钴基、铁-镍基等耐热合金抗高温氧化能力和耐热腐蚀能力的有效方法之一。

为了改善铁基粉末制品、钢合金和钛合金的表面性能，也可进行渗铝。

低碳钢管渗铝后，能耐高温氧化和耐硫化氢、二氧化硫、二氧化碳、碳酸、硝酸、液氨、水煤气的腐蚀。特别耐硫化氢腐蚀的能力更为显著。因此，渗铝钢管也适用于石油、化工、化肥、冶金等方面的管道及容器。

以低级钢材渗铝来代替高级耐热钢材，在一些工业发达的国家已经广泛采用，我国自六十年代初起也逐步开展渗铝工艺的研究和应用，近年来已得到越来越广泛的采用。根据国内外资料，目前已经研究成功并应用在生产上的渗铝工艺方法有如下几种：

1. 固体渗铝法；
2. 液体渗铝法；
3. 气相渗铝法；
4. 热喷涂渗铝法；
5. 料浆渗铝法；
6. 真空蒸镀扩散渗铝法。

除这六种渗铝工艺方法外，还有电泳扩散渗铝、离子镀扩散渗铝、化学气相沉积法渗铝（气渗）、高频快速渗铝、熔融盐电解渗铝等等多种工艺方法。其中，有的已开始应用于生产，不过由于这些工艺方法在生产中还应用得不广泛，这里就不一一介绍了。上述几种渗铝工艺各有优缺点，因此必须结合具体条件来选择应用。各工艺方法优缺点比较见表19。

二 渗铝的简单原理

在一定温度下，使铝渗入工件表面的工艺，称为渗铝。渗铝的目的，是使钢件表面获得高的耐热性和抗蚀性能。渗铝是一种钢的表面渗金属的热处理方法，属于化学热处理范畴。下面以固体渗铝法来说明。此法是把要渗铝的零件和粉状渗铝剂放在一起，装于铁箱内并加热到 700°C 以上的温度（一般在 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 左右），并在这个温度内保持一段时间，而后冷却下来。

因为渗铝层形成的方式主要有二类：一类是借助于熔融的铝液与零件的表面材料互熔而形成富铝的合金层（即渗铝层）的，如液体渗铝、热喷涂渗铝、真空蒸镀以及熔烧型料浆渗铝；另一类是通过化学气相反应及热扩散作用而形成渗铝层的，如固体渗铝、气相渗铝、扩散型料浆渗铝等。即使对于后者（如固体渗铝），其化学气相反应的过程以及渗铝层形成的原理也有几种不同的解释，至今尚未统一看法，有的认为是置换反应，有的认为是还原反应或热分解反应等等。今后将通过理论研究和实践，以求得统一的看法。一般渗碳温度在 $900\sim 920^{\circ}\text{C}$ ，也就是临界点（ A_{c_3} ）以上，而固体渗铝的温度则在 $900\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 。提高温度，可以增加铝向钢中的扩散速度，从而提高渗铝的效果。

我们大家都知道，铝的一个特殊性能，是铝与空气接触很容易被氧化，在铝的表面形成致密的、坚固的、连续无孔的氧化铝（ Al_2O_3 ）的薄膜。它有保护内部不继续氧化的作用。因此，一般不耐高温的钢和铸铁零件，在经过渗铝处理后便可获得这种氧化铝薄膜，从而使零件具有高温抗氧化性能，在空气、二氧化硫气体以及其他介质内也有着很高的热稳定性，因而变成耐热、耐腐蚀的优良材料。以固体渗铝为例，当我们把零件和渗铝剂一起装

在密封的渗铝箱内，并加热到所规定的温度时，拌和在渗铝剂中的氯化铵(NH_4Cl)便开始发生作用。氯化铵与渗碳剂中碳酸盐的作用一样，但不是唯一的一种催渗剂（也叫活化剂）。实际上所有的卤素盐都可用作活化剂，常用的有 NH_4F 、 NH_4HF_2 、 NH_4Br 、 NH_4I 、 KF 、 NaF 、 KHF_2 、 AlF_3 等等。 NH_4Cl 是其中应用得最普遍的一种。它在加热时发生反应，产生氨气和氯化氢。氨气分解后又能得到氮气和氢气，它们可以排挤掉箱内的空气，保持箱内没有氧化性气体，因此它是箱内不可缺少的东西。

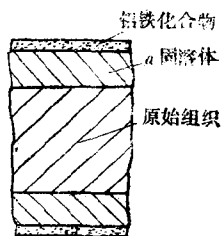
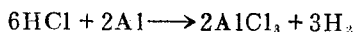
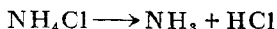


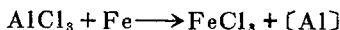
图 1 渗铝件组织示意图

在铝粉或铝铁合金粉末中渗铝时，钢铁中渗入的铝，主要是依靠钢件表面的铝或铝铁合金与氯化铵的一系列化学反应而发生的。

含有氯化铵的混合物在加热时，发生下列反应：



其中三氯化铝在钢件表面上又依下列反应发生作用：



反应的结果，氯化铵分解出来的氯化氢和铝作用便可产生我们所需要的氯化铝，而氯化铝与铁作用的结果，在钢或铸铁表面上析出了原子状态的铝，也就是活性铝，并立即渗入钢铁零件的表面中。使用氯化铵的作用是促使产生活性铝，加速渗铝过程，同时把空气从渗铝箱或炉膛内排挤出去，以防止粉状渗铝剂和零件的氧化。经过渗铝的零件，其表面因与铝铁合金粉末渗铝剂直接接触，含铝浓度很高，形成一种脆性的铝铁合金层（见图 1）。这

种含铝的金属层的成分及组织与零件的原始材料完全不同，称之为“渗铝层”。因为它含铝量高，所以很容易在与空气接触的表面上形成一层非常致密的氧化铝（ Al_2O_3 ）薄膜，保护渗铝层本身及零件材料免受高温氧化侵蚀。一旦这层氧化铝薄膜发生破裂或掉落时，渗铝层中的铝就会立即向表面迁移，形成新的氧化铝保护膜，使破损处得到弥补。这种自动愈合“伤口”的能力称为“自愈能力”，它是渗铝层具有长期保护能力的保证。直到渗铝层中的铝大量被消耗，不能再在表面形成完整的氧化铝保护膜时，渗铝层也就丧失保护能力。渗铝层所能提供的这一段保护时间就叫“保护寿命”或渗铝层的“寿命”。显然它与渗铝层的厚度、铝浓度以及使用温度、工作环境等因素有关。所以，从渗铝层的保护原理上讲，真正起直接保护作用的是表面的氧化铝薄膜，而渗铝层只是铝原子的贮存处。

钢铁零件或其他合金的零件经过渗铝处理后，在零件表面形成一层薄的渗铝层。此渗铝层的成分及组织既受零件原材料的影响，又与零件原材料截然不同，它们本身就是复杂的合金系统。由于渗铝层内不但含有大量的铝，而且含有不同量的零件原材料的各种合金元素，所以不同的零件材料，或者同一种零件材料应用不同的渗铝方法，采用不同的渗剂成分、不同的工艺参数（温度、时间等），就会得到不同成分的渗铝层，因而它们的组织结构也不相同。即使是在同一个渗铝层内，从表面到内部与基体交界处，渗层的成分也是不同的（如铝浓度外层高、内层低等），所以在不同的深度其组织也不一定相同。此外，渗铝零件在高温下使用的过程中，由于铝的消耗以及其他合金元素的扩散迁移，渗铝层的组织还会发生变化。有关渗铝层的组织情况，多年来进行了大量的研究工作，至今仍在不断深入进行中。为了便于了解和掌握渗铝层的组织情况，通常把钢铁类材料简化成纯铁材料，而把镍基

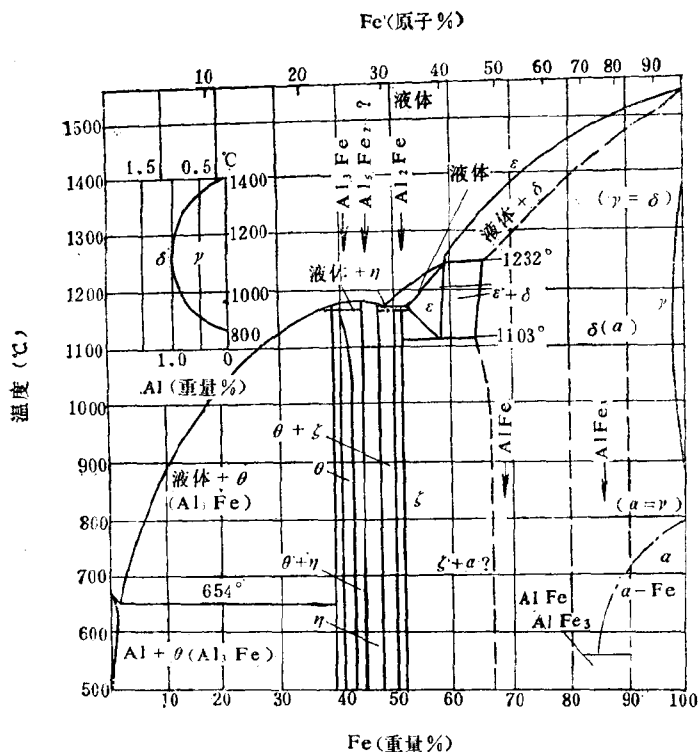


图2 铝铁合金平衡图

合金也简单地看作纯镍，这样就可以根据铝-铁或镍-铝平衡图来近似地分析渗铝层的基本组织。

下面介绍铝铁平衡图以及有关的组织。

由铝铁平衡图（见图2）得知，铝与铁可以形成固溶体，以及一系列的金属化合物，随铝含量的增加，这些化合物分别为： AlFe_3 、 AlFe 、 Al_2Fe 、 Al_5Fe_2 和 Al_3Fe 。在钢铁零件的渗铝层

中，主要是 $AlFe$ 和 $AlFe_3$ 两种组织，有些铝浓度高的渗铝层中还有少量的 Al_2Fe 。铝浓度更高的铁-铝化合物，不但很脆而且熔点也低，无论是抗氧化性还是其他机械性能都不好，所以不是渗铝层所需要的组织。

若用金相显微镜检查便可看到：由于钢铁中渗入的铝，驱逐着碳由表面向内部移动，所以在渗铝层与基体金属的交界处，聚集着一个一个含碳化物较多的区域，它通常被称作“内层”或“扩散层”。

钢中所含元素对渗铝层有什么影响，国外用含有各种不同元素的纯铁（0.02% C）进行了试验，结果证明：一切元素都能使渗铝层厚度减少，尤其是以钨、镍及钼的作用最为剧烈（见图3）。

另外某些元素对中碳钢及高碳钢的渗铝层厚度的影响和对低碳钢的影响也不一样，比如：铬减少低碳钢中渗铝层的厚度，而在高碳钢中（0.86% C）则恰恰相反。当铬的含量在3.5%以下时，随含碳量的减少，可增加渗铝层的厚度，只有当铬量更高的时候，渗铝层的厚度才开始减少。渗铝层的深度，随钢中含碳量的增加而减弱。

碳对其它元素在铁中扩散的影响有很大的实践意义。钢中含碳量增高时，则减低碳化物形成元素的扩散能力，使扩散层深度降低（图4）。

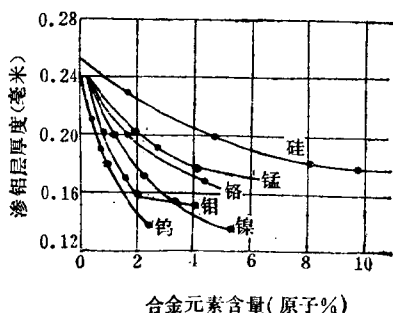


图3 在950°C渗铝六小时以上时，合金对渗铝层厚度的影响

因为铝和碳不具有亲合力，在钢中不形成铝的碳化物。铝的扩散使表面的碳挤向内层，因之钢中含碳量增加，铝的扩散减慢。

鉴于碳含量的增多会使渗铝层的厚度降低，并且低碳钢渗铝后的耐热性较高碳工具钢及铸铁渗铝后的耐热性为好。因此，低碳钢是渗铝最好的材料。但有时为了成型的方便，也可以采用球墨铸铁及灰铸铁。图5是用含碳量0.3%、0.9%的碳钢和含碳量4%的白口铁。在910℃中，经一小时渗铝后的试验曲线（渗铝剂为50%铝粉，48%铝氧粉和2%的氯化铵）。由图可知，渗铝量是随着含碳量的增加而减少的。

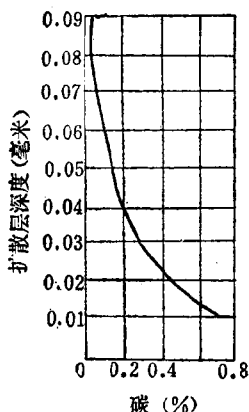


图4 钢中含碳量对扩散层深度的影响

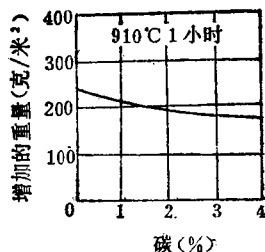


图5 渗铝量与材料含碳量的关系曲线

三 固体 渗 铝

1 渗铝剂的成分和制造方法 渗铝工艺近几年来有很大发展，不仅用在代用材料上，而且在耐热钢零件上也采用渗铝来进

一步提高耐热性能。在各种渗铝工艺中，应用最广泛的是固体渗铝法。固体渗铝法所采用的渗铝剂有很多种，下面着重介绍几种渗铝剂的成分和性质、几种常用渗铝剂的制造方法及渗铝剂的损耗。

(一) 渗铝剂的成分：在工业中常用的渗铝剂成分有很多种，表1列出了其中九种。由表1可见，第1种渗铝剂为铝粉与高岭土或白瓷土的混合物，其中并掺有1~2%的氯化铵(NH_4Cl)催化剂。这种渗铝剂很早以前就在各工厂中使用，而且效果十分良好。但它的缺点是渗铝速度缓慢，经渗铝后零件表面不太光滑，并且有较多的铝粘附在零件表面上。特别是当铝粉与高岭土混合得不均匀的时候，这种现象更为严重，因此目前这种渗铝剂已很少被采用。第2种渗铝剂为铝铁合金或铝铜合金，它里面没有加入高岭土和白瓷土，因为铝铁合金或铝铜铁合金不容易发生烧结现象。在这种混合物中若有惰性粉末存在的时候，不仅能减慢渗铝过程，而且还会降低零件表面层中含铝的浓度，这样就会使渗铝零件的耐热性下降。如果在某些情况下对渗铝零件有特殊要求的时候，可以用第3种渗铝剂，这种渗铝剂是在铝铁合金粉末里加入20%左右的惰性粉末氧化铝。

在工厂实际操作中，一般氯化铵在混合物中的含量都在0.5~2%的范围内，它也经常按渗剂粉末总量的0.5~2%的比例另外加入。在这个范围内的变化对渗铝层厚度影响不大，因此在实际操作中为了节约氯化铵起见，常采用最低的含量0.5%。可是实际经验证明，氯化铵增到2.5%的时候不但渗透速度快，而且表面硬度也可提高，因此氯化铵用量也可根据渗铝零件的具体要求而变更。第4种渗铝剂中没有加入氯化铵，只用铝粉和脱水的白色粉状粘土。为了保证零件及渗剂不发生氧化作用，使用时国内多半需要通入一些氩气到箱子里去。显然这样做将使渗铝成本提高，

表1 渗铝剂的成分

序号	渗铝剂中粉末状组成物的名称	含量(%)
1	铝粉	49(49.5)
	氧化铝高岭土或白粘土(白粘土)	49(49.5)
	氯化铵	2(1)
2	铝铁合金(~40%Fe)或铝铜铁合金 (~40%Fe)2~4%Cu	98~99.5
	氯化铵	2~0.5
3	铝铁合金或铝铜铁合金	79.5
	氧化铝、高岭土或白粘土	20
	氯化铵	0.5
4	铝粉	35~50
	脱水的白色粉状粘土(白粘土)	65~50
5	铁粉	37~47
	铜粉	2~4
	铝粉	60.5~48.75
	氯化铵	0.5~0.25
6	铝粉	40~60
	氧化铝或轧碎的细耐火泥或烧结的耐火粘土	58.5~37
	氯化铵	1.5~3
7	铝铜铁合金	60
	熟耐火粘土	38
	氯化铵	2
8	铝铁粉(含铝40%, 硅4%; 粒度为150~200目; 配料前在 300~400°C烘0.5~1小时)	35
	氧化铝粉(粒度为150~200目; 先在1100°C焙烧6小时)	63.5
	氯化铵	1
	氯化氢钾	0.5
9	铝粉(200目, 配料前于300°C烘1小时)	15
	氧化铝(150目)、(1200°C焙烧6小时后用)	84
	氯化铵	0.5
	氯化氢钾	0.5

手续复杂,一般很少采用。在上述渗铝剂中以第2、3种应用最广泛,其它各种根据实际生产条件采用。后两种近两年已被列为标准配方。上述各种渗剂成分也可以根据实际生产要求作适当调整。

(二) 铝铁合金和铝铜铁合金渗铝剂的制法: 铝铁合金的制法如下: 原料为工业纯铝或杜拉铝废料及低碳钢的碎块,或捆成小扎的低碳钢切屑。这些原料必须清洁,不得附有油污或尘土,其尺寸要小于熔器。二者的配合分量为60%的铝,40%的低碳钢

切屑。熔炼时，先把铝熔化后再加入钢屑，这是为了加速熔化。采用铁屑比用小铁块来得有效，原因是低碳钢熔点高而铝熔点低。但应当注意，需先把铝全部放入预热呈红色的石墨坩埚中，然后迅速加热熔化。为了减少铝液表面的氧化，可在上面盖一层粗粒食盐或石墨片。当铝液温度达到 900°C 以上时，便可将准备好的铁屑小扎分批加入其中，并迅速搅拌。继续升温到 $1200\sim 1250^{\circ}\text{C}$ ，待铁屑全部熔化后，保温 $10\sim 20$ 分钟，经再度搅拌使其混合均匀，便可从炉中把坩埚取出。待镇静一、二分钟后即可浇注在金属模内。模子应清洁无锈、并充分干燥，浇注时应注意防止溶渣混入锭子里面。通常这种锭子都是浇成平板形。按上述方法熔铸的铝铁合金的成品率，一般可达 95% 左右，是一种实用的好办法。

铝铁合金的含铝量一般控制在 $53\sim 63\%$ 之间，不宜低于 50% 。而铁的含量需保持在 $37\sim 47\%$ 之间，另外还有不可避免的少量杂质，如：铜、硅、锰及碳等。具有这种成分的铝铁合金性硬而脆，便于粉碎，熔点合适，渗铝操作中不易发生烧结，同时扩散速度快，渗铝效果较为良好。

前面介绍的制法是常用的一种，另外还有一种简便的制法。不论使用纯铝块或铝合金，都按 50% 的铁和 50% 的铝配料，然后在灰口铁水中加入已经熔化的铝液（并非纯铝液）。这样制成的铝铁合金成本低，渗透力强，而且容易被粉碎。

铝铜铁合金渗铝剂的含铁量约在 $37\sim 47\%$ 左右，铝的含量约在 $53\sim 63\%$ 之间，除难免的少量杂质硅、锰和碳外，尚含有 $2\sim 4\%$ 的铜及百分之零点几的镁。这种合金的制法是这样：先将低碳钢的碎块或切屑放在炼钢炉中熔化，然后将预先熔制成铸锭的铝或杜拉铝废料，按计算的重量再加上 $10\sim 20\%$ 的熔炼耗损量加入其中。当加入料在保护溶渣下熔化，并经过仔细地搅拌以后，便可将合金倾入耐火砖砌成的模子里。浇铸好的合金断面应当呈银灰

色，并且易于磨成粉末。通常这种合金都是敲成碎块后再在球磨机中磨细。

(三) 渗铝剂的损耗：渗铝剂的损耗与渗铝箱的密闭性、渗铝剂的成分、操作时间及渗铝温度有关。如果渗铝箱子密封不够严密，箱内的渗铝剂便容易氧化，使混合物中铝粉或铝铁合金的贫乏程度大大增加。在这种情况下，铝粉比铝铁合金氧化得更厉害。

在不同渗铝温度和时间下，各种渗铝剂的损耗情况大致如下：

(1) 在由98%的铝铁合金和2%的氯化铵所组成的渗铝剂中，于1050℃进行24小时的渗铝后，混合物中铝的贫乏程度约为8.5~9%。因而要想保证渗铝零件的质量，就必须使贫乏的混合物得到补充。这就需要往贫乏的混合物内加入数量(约为17~18%甚至20%)的新混合物，才能使以后的零件得到充分的渗铝。如果渗铝温度为900~1000℃，时间6~10小时，那么往已用过的混合物里补充10~15%的新的混合物就足够了。

(2) 由99%的铝铁合金，和1%的氯化铵所组成渗铝剂，在温度860℃渗铝约10~12小时后，一般铝的贫乏度仅为0.36%。所以按照这种规范渗铝的时候，混合物可以重复使用多次，只需补充0.5~1.0%氯化铵(NH_4Cl)，而不必补充新铝铁合金粉。

(3) 如采用50%的铁和50%的铝浇铸成的铝铁合金粉末，按表1中的第二种渗铝剂配方，在950~1000℃渗铝温度中保温时间不超过10小时。重复使用4~5次，其效果不减低，只是在每用过一次后增添1~2%的氯化铵即可。铝铁合金渗铝剂的回用情况见表2。

2 固体渗铝的操作工艺

(一) 零件的表面处理：为使渗铝零件能得到满意的渗铝层，零件在渗铝前必须将表面附着的油污和铁锈等清除干净。因

表 2 铝铁合金渗铝剂的回用情况

铝铁合金 回用次数	渗 铝 层 深 度 (毫米)			
	HT15-32 铸铁		10 号 碳 钢	
	每次加入 20%新的	全部旧铝铁合金	每次加入20%新的	全部旧铝铁合金
1	0.08~0.09	0.07~0.09	0.13~0.15	0.12~0.14
2	0.06~0.09	0.07~0.08	0.14~0.15	0.12~0.15
3	0.07~0.08	0.06~0.09	0.12~0.14	0.13~0.15
4	0.07~0.09	0.06~0.09	0.14~0.16	0.12~0.14

为油污、铁锈或氧化皮都会阻碍铝的渗入，使渗铝层厚薄不均。

零件表面氧化皮、油污、铁锈的清除，可采用喷砂或液体抛光等方法。渗铝零件的清洁方法，应按零件的形状、大小来分别选择，精密复杂的零件和管状物可采用酸洗法，形状简单的小零件可用酸洗法或用机械抛光法。经过机械加工的零件只要用5%的苛性钠溶液或工业酒精洗涤。通常形状复杂的零件其表面油污、铁锈及氧化皮的处理都比较困难，但可采用前面所说的喷砂或液体抛光法。这种方法最适于处理形状复杂零件的表面。除上述方法外，还可采用15%的热硫酸或30%的热盐酸清洗，不过用这种方法处理的零件在从酸中取出后，须立即放入清水中进行洗涤。如果条件具备，经酸洗法处理的零件最好先放入碱溶液内中和一下，然后再放入水中洗涤，这样零件可以较长时间保持不氧化。另外用机械抛光法和喷砂法处理的零件，其表面均有大量微尘附着，在进行渗铝前需用刷子刷净。当然渗铝零件的表面清洁处理，不像电镀零件要求的那样严格，因为电镀是电解沉积作用，而渗铝是吸收扩散作用。

(二) 渗铝剂的配制：根据不同形状的零件和其表面要求的光滑程度，按表1所列渗铝剂的配方选取其中的一种。无论铝铁