


“十一五”国家重点图书出版规划项目

Al 中国有色金属丛书 中国有色金属工业协会组织编写 铝箔生产及 深加工

程杰 主编

关世彤 王淑芬 张深阳 靳国富 副主编

Nonferrous Metals

 中南大学出版社
www.csupress.com.cn



“十一五”国家重点图书出版规划项目



铝箔生产及深加工

中国有色金属工业协会组织编写

主 编 程 杰

副主编 关世彤 王淑芬 张深阳 靳国富

参 编 曹建峰 佟 颖 唐述政 郭义庆

王庆华 张登峰 高景忠

 中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

铝箔生产及深加工/程杰主编. —长沙:中南大学出版社,2010.12
ISBN 978-7-5487-0039-5

I. 铝... II. 程... III. 铝—金属箔—生产工艺 IV. TG146.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第113139号

铝箔生产及深加工

主 编 程 杰

责任编辑 陈海波 唐少军

责任印制 文桂武

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482

印 装 国防科大印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 10 字数 245千字

版 次 2010年12月第1版 2010年12月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-0039-5

定 价 40.00元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

本书为中国有色金属丛书中的《铝箔生产及深加工》部分。书中全面总结了改革开放 30 多年来我国铝箔工业的发展及在铝箔生产工艺技术及设备方面所取得的成就和经验；全面、系统地介绍了铝箔生产工艺、技术、设备，并以铸轧工艺为主线，对铸轧、热轧、连铸连轧工艺生产铝箔的路线均进行了阐述和比较。对铝箔轧制、分切、退火、包装、检查，以及铝箔生产过程中的各种工艺因素，包括轧制油、轧辊等均进行了系统而详细的介绍。同时，还对铝箔生产过程中各种常见缺陷的产生原因及消除方法进行了阐述。书中内容大部分原始数据采集于生产一线，理论分析在金属塑性加工学的基础上，还融入了作者根据自己从事铝箔工艺研究工作多年的经验和体会，具有实用性和可读性，是近 30 年来国内第一本系统介绍铝箔生产及深加工工艺的参考书。对于生产一线的操作人员、工程技术人员、科研人员都具有参考价值。同时，也可作为大专院校相关专业教师及学生的参考书。

在编写的过程中，编者参考了大量的国内外铝加工生产方面的资料，并得到了许多同行专家的指点，在此一并表示衷心的感谢。由于编写内容多，时间较为仓促，书中难免有很多不足之处，恳请读者不吝批评指正。

编者
2010 年 6 月

目 录



第 1 章 概述	●
1.1 铝箔简介	1
1.2 铝及铝合金牌号及状态	8
第 2 章 铝及铝合金轧制基本原理	●
2.1 轧制过程的基本概念	13
2.2 铝箔轧制过程的影响因素	15
第 3 章 铝箔轧制生产技术	●
3.1 铝箔轧制生产特点	17
3.2 铝箔坯料	18
3.3 铝箔生产工艺流程	21
3.4 铝箔轧制生产工艺	23
3.5 铝箔生产中轧辊的控制	28
3.6 铝箔轧制工艺润滑	30
3.7 铝箔轧制厚度测量与控制	40
第 4 章 铝箔生产板形控制技术	●
4.1 板形、辊型的基本概念	43
4.2 辊型及板形控制	46
4.3 板形自动控制	52
第 5 章 铝箔轧辊的磨削	●
5.1 轧辊磨削中的基本概念	53
5.2 轧辊磨削过程控制	55
5.3 磨削缺陷及消除方法	58
第 6 章 铝箔缺陷	●
6.1 非金属压入	60
6.2 金属压入	61
6.3 划伤	61
6.4 擦伤	61
6.5 碰伤(凹陷、压陷)	62
6.6 印痕	62
6.7 表面气泡	63

6.8	腐蚀	63
6.9	油斑	64
6.10	裂边	65
6.11	板形不良	65
6.12	压折(斜角)	66
6.13	发粘	67
6.14	粘油	67
6.15	横波(起棱)	67
6.16	横纹	68
6.17	人字纹	69
6.18	裂口(孔洞)	69
6.19	松卷	70
6.20	毛刺	71
6.21	串层	71
6.22	塔形	72
6.23	翘边	73
6.24	针孔	73
6.25	开缝	74
6.26	皱纹	75
6.27	起皱	75
6.28	亮点	76
6.29	箭头	77
6.30	燕窝	77
6.31	辊眼	78
6.32	辊印	78
6.33	油污	79
6.34	除油不净	79
6.35	起鼓	80
6.36	亮线	81
6.37	无双合油	81
6.38	白条	82
第7章 铝箔的合卷、分卷与清洗		●
7.1	铝箔的合卷	83
7.2	铝箔的分切	84
7.3	铝箔的清洗	86
第8章 铝箔的热处理		●
8.1	热处理的基本概念	87

8.2	铝箔退火制度的选择与制订	91
8.3	退火过程的品质控制	93
第9章	铝箔生产设备	94
9.1	铝箔轧机	96
9.2	合卷机	100
9.3	铝箔分切机	102
9.4	铝箔退火设备	103
第10章	铝箔的包装、贮存、防腐	105
10.1	铝箔的包装	106
10.2	铝箔的运输与贮存	107
10.3	铝箔的防腐	108
第11章	铝箔品质检查	111
11.1	几何尺寸检查	111
11.2	表面品质检查	111
11.3	性能指标检查	112
11.4	表面除油检测	113
11.5	铝箔产品出厂检验项目	114
第12章	铝箔深加工技术	115
12.1	铝箔的压花、涂层与印刷	115
12.2	亲水铝箔	123
12.3	喷镀铝箔成形技术	129
12.4	其他铝箔深加工	132
附录	铝箔质量要求	136
附录1	铝箔表面质量	136
附录2	铝箔尺寸偏差	140
附录3	铝箔机械性能	143
	参考文献	143

第1章 概述

1.1 铝箔简介

1.1.1 铝箔的定义

铝箔是铝及铝合金板带卷经轧制后所得到的一种厚度非常薄的铝卷材、带材或片材。在中国一般将厚度小于0.2 mm的铝及铝合金板带材称为铝箔。在其他国家,对于铝箔的划定标准各不相同,表1-1列出了几个国家对于铝箔厚度的划定标准。

表1-1 各国铝箔起始厚度的划定标准

国 家	起始厚度/mm	国 家	起始厚度/mm
中国	0.2	德国	0.02
美国	0.15	瑞典	0.04
英国	0.15	加拿大	0.15
法国	0.2	意大利	0.05
俄罗斯	0.2	匈牙利	0.2
日本	0.15		

1.1.2 世界铝箔生产的发展概况

金属箔片最原始的生产方法是古代人们采用的锤锻法,即把上百张的金属薄板片垛起来,用人工锤锻。此方法曾经制造出金、银、铅、锡等金属箔片。

人们最早发现铝,是在1825年,沃特斯采用化学方法处理氧化铝时,第一次获得了少量的铝。

自从1888年,贝尔研究出从铝矾土矿生产氧化铝的化学方法后,铝的产量大幅度上升,铝价大幅度下降,铝工业有了迅速发展的可能。

采用多层锤击法生产小块铝箔最早出现在19世纪末期,当时生产的铝箔尺寸小,厚薄不均。

1903年法国人高特希(A. Gautschi)在二辊轧机上,采用平张迭轧法轧出了厚度0.05 mm的铝箔。

1910年瑞士人奈欧(R. V. Neher)在德国舒密茨(August. Schmitz)机器厂的帮助下,采用装有卷取设备的二重轧机生产出了成卷铝箔,使生产效率大大提高。轧机最大设计速度91 m/min,铝箔厚度最薄为0.009 mm,宽度为559 mm。与以往的生产方法相比,采用这种方法

生产出的铝箔的表面品质和厚度的均匀性有了很大提高,从而为铝箔工业化奠定了良好的基础。

1933年英国罗伯特公司制造出世界上第一台 $\phi 181\text{ mm}/457\text{ mm} \times 838\text{ mm}$ 四重铝箔轧机,最大设计轧制速度 305 m/min ,生产效率得到迅速的提高。所生产出的铝箔产品的表面品质、厚度均匀性均大大地优于二重轧机。直到现在,铝箔产品仍然主要是由四重轧机生产的。

到20世纪60年代,随着人们生产水平的不断提高及对铝箔产品需求量的增大,铝箔工业得到了快速的发展。铝箔生产向高速、大卷、宽幅的方向发展。铝箔精轧机的设计最大速度就已经达到了 1524 m/min ,最大宽度达到了 1956 mm 。

进入80年代后,铝箔轧机已经开始采用了以板形自动控制系统(AFC)与厚度自动控制系统(AGC)为核心的计算机自动控制新技术,使铝箔的产量、品质和生产效率又提高到了一个水平。

进入21世纪,以中国为代表的世界铝箔工业的发展速度更为迅猛(如表1-2所示)。至2006年,全球铝箔的产能已经达到 4033 kt/a ,铝箔的最大宽度达到了 2000 mm 以上,最大的轧制速度已经超过 2000 m/min 。

表1-2 世界铝箔生产能力前10名的国家或地区(数据截至2006年)

序号	国家或地区	企业数	产能/($\text{kt}\cdot\text{a}^{-1}$)	厂均产能/($\text{kt}\cdot\text{a}^{-1}$)	占世界产能/%
1	中国	130	870	6.692	21.6
2	美国	21	780	37.143	19.3
3	德国	4	450	112.500	11.2
4	意大利	5	288	57.600	7.1
5	日本	9	210	23.333	5.2
6	巴西	5	136	27.200	3.4
7	韩国	10	127	12.700	3.1
8	俄罗斯	3	82	27.333	2.0
9	西班牙	4	72	18.000	1.8
10	中国台湾	2	68	34.000	1.7
合计				3083	76.4

1.1.3 我国铝箔工业的发展概况

我国的铝箔生产厂最早是上海华铝钢精厂,它是1932年由瑞士铝业公司、加拿大铝业公司和英国铝业公司在上海合资创建,生产工艺为铁模铸造、热轧、冷轧、铝箔轧制,铝箔轧机是二重不可逆轧机,粗轧机为 $\phi 350\text{ mm} \times 800\text{ mm}$,中轧机为 $\phi 230\text{ mm} \times 600\text{ mm}$,精轧机为 $\phi 230\text{ mm} \times 550\text{ mm}$,卷重约 50 kg ,最小铝箔厚度 0.008 mm 。解放前,该厂的铝箔产品大部分厚度为 0.008 mm ,衬纸质量为 21 g/m^2 的小平张裱纸卷烟箔以及少量的糖果包装裱纸箔等,年产量约为 780 t/a 。

1960年以后,我国陆续设计和制造了一些中小型铝箔生产成套设备,采用了液压压上、

正负弯辊、直流或交流调速电机控制张力，在线涡流测厚仪测厚。

1979年东北轻合金加工厂从德国阿亨巴赫引进 $\phi 230\text{ mm}/500\text{ mm} \times 1200\text{ mm}$ 万能铝箔轧机，是我国改革开放后最早引进的铝箔轧机。

1981年华北铝业有限公司由日本神户制钢引进装有厚度AGC控制的 $\phi 260\text{ mm}/700\text{ mm} \times 1600\text{ mm}$ 四重不可逆式现代铝箔轧机，可轧最小铝箔厚度 0.006 mm ，最高轧制速度 1200 m/min 。

1990年前后国内许多厂家相继引进了多条现代化的铝箔生产线，如渤海铝业有限公司引进了英国戴维公司制造的 $\phi 360\text{ mm}/1000\text{ mm} \times 2200\text{ mm}$ 和 $\phi 280\text{ mm}/1000\text{ mm} \times 2200\text{ mm}$ 铝箔轧机，最高轧制速度 2000 m/min ，卷重可达 16 t ；厦顺铝箔有限公司引进了法国克莱西姆公司制造的 $\phi 260\text{ mm}/720\text{ mm} \times 1700\text{ mm}$ 铝箔轧机，最高轧制速度 1500 m/min ，它们都带有厚度和板形自动控制系统及高水平自动控制系统。

进入21世纪后，中国的铝箔工业得到了更快速的发展，新引进和投产的铝箔生产线多达几十条(如表1-3所示)，其中，宽度在 2000 mm 以上的铝箔轧机达27台(如表1-4所示)。这在世界铝箔加工史上史无前例。至2007年，我国铝箔生产能力约 1200 kt/a ，铝箔生产企业130余家，全年产量达 1070 kt ，2008年铝箔生产能力超过 1650 kt/a ，产量雄居全球第一(如图1-1所示)。2007年我国铝箔进口 60 kt ，出口 330 kt ，已经成为世界最大铝箔产品出口国。

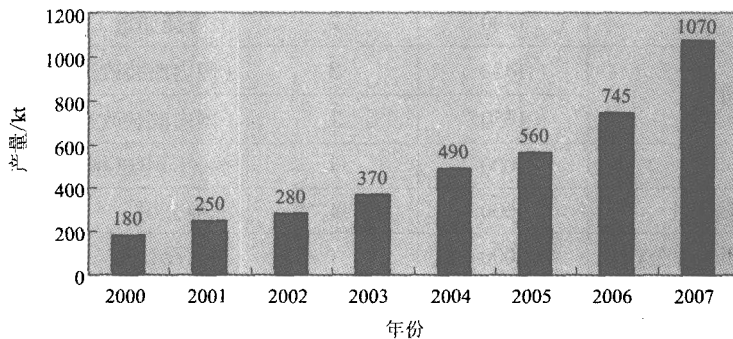


图1-1 2000—2007年中国铝箔年产量

在产量达到世界第一的同时，中国现有的铝箔轧机，普遍具有自动化程度高、生产速度快，生产效率高、产品品质稳定等特点。其中厦顺铝箔有限公司为目前世界最大的双零箔专业生产企业，年生产 0.007 mm 以下的高品质铝箔 70 kt 。其他铝箔生产企业，如华北铝业有限公司、南山轻合金有限公司、渤海铝业有限公司、江苏大亚精益铝箔厂、云南新美铝箔有限公司等，也都各具特色，在国内铝箔行业中占有一席之地。近两年，以江苏中基材料有限公司、上海神火铝箔有限公司为代表的新建铝箔厂陆续建成投产。这些新建铝箔厂的共同特点是设备全套引进，装机水平一流。随着这些厂的正式投产，使得中国铝箔生产的能力，尤其是双零箔的生产能力进一步提升。

表 1-3 2002—2007 年国内已建和在建铝箔轧机状况

企业名称	辊面宽度/mm	轧机数量/台	制造公司	投产年度
常熟铝箔厂	1400	1	(国内制造)	2003
广东乳源东阳精箔有限公司	1500	1	中色科技股份公司	2003
广西南南铝箔有限公司	1850	1	日本 IHI/洛阳设计院合作	2003
瑞闽铝板带有限公司	1600	1	涿神公司	2003
厦顺铝箔有限公司	2000	3	德国阿申巴赫	2003
	2000	3	德国阿申巴赫	2007
西北铝加工厂	1700	2	奥钢联	2004
邹平铝厂	1730	3	上海捷如重工等	2004
南方(中国)铝业公司	1900(二手)	4	英国苏格兰	2004
乘航福利铝箔厂	1300	2	(国内制造)	2004
河南顺源铝业公司	1250	1	德国斯络曼公司	2004
	1850	5	洛阳有色设计院	2004
郑州铝业股份有限公司	1450	2	中色科技股份公司	2004
	1900	1	中色科技股份公司	2004
	1400	2	上海捷如重工	2006
河南明泰铝业公司	1450	3	(国内改装改造)	2003
	1650	1	(国内改装改造)	2004
山东南山集团	2000	4	德国阿申巴赫	2005
湖南邵东铝业有限公司	1600	1	涿神公司	2005
江苏大屯煤电集团铝业公司	2000	1	洛阳设计院	2005
江苏大亚集团丹阳铝箔厂	1500	1	德国阿申巴赫	2005
浙江巨科铝业公司	1600	2	(国内制造)	2004
河南首龙铝业有限公司	1850	2	日本 IHI 公司	2005
中色万基铝业公司	2000	4	中色科技股份公司	2005
山东富海实业有限公司	1600	1	涿神公司	2005
河南天鹏铝业有限公司	1650	3	涿神公司	2005
山东鲁丰铝箔工业有限公司	1650 万能	2	涿神公司	2005
龙马铝业集团公司	1575(二手)	3	德国阿申巴赫	2005
河南神火(上海)铝业公司	2150	3	奥钢联	2006
东北轻合金公司	1450	1	(国内制造)	2006
镇江鼎盛铝业	1600	1	(国内制造)	2005
	1600	2	(国内制造)	2006

续表 1-3

企业名称	辊面宽度/mm	轧机数量/台	制造公司	投产年度
江阴新联通印务有限公司	2000	3	德国阿申巴赫	2006
浙江丽水东南铝业公司	1450	1	涿神公司	2006
江苏中基材料有限公司	2000	3	德国阿申巴赫	2006
江苏昆山铝业有限公司	2100	3	奥钢联	2007

表 1-4 国内辊面宽度等于或大于 2000 mm 铝箔轧机

企业名称	辊面宽度/mm	轧机数量/台	制造公司	投产年度
厦顺铝箔有限公司	2000	6	德国阿申巴赫	2003、2006
渤海铝业有限公司	2200	3	英国戴维公司	1994
中色万基铝业有限公司	2000	4	中色科技	2005
江苏大屯煤电集团铝业公司	2000	1	洛阳设计院	2005
山东南山集团公司	2000	4	德国阿申巴赫	2005
江阴新联通印务公司	2000	3	德国阿申巴赫	2006
河南神火(上海)铝业公司	2150	3	奥钢联	2006
江苏中基材料有限公司	2000	3	德国阿申巴赫	2006
江苏昆山铝业有限公司	2100	3	德国阿申巴赫	2007
总 计		30		

这里值得一提的是山东南山集团引进的 4 台铝箔轧机, 现可生产宽度为 1850 mm、厚度 0.006 mm 的铝箔, 带卷质量可达 12 t, 轧制系统装备了水平过滤器, 以获得纯净轧制油。该生产线完全自动化并采用了阿申巴赫公司研发的 Optiroll® i2 系统, 可以精细地控制带材的厚度和平整度于最小误差范围内。另外还有一个大型的 AIRPURE 系统, 用于净化设备产生的废气。除此之外, 神火(上海)铝箔有限公司于 2005 年从奥钢联工程技术公司引进了 3 台新铝箔轧机, 也均装备有在线厚度和板形自动控制系统。为获得最大生产效能, 还装备有一个综合数据收集和评估系统。该轧机带卷设计宽度为 1920 mm, 卷重 12.5 t。粗轧机和中轧机轧速均为 2000 m/min, 精轧速度 1200 m/min。此外, 体现当今世界最具代表性的铝箔轧制技术的还有先进的板形自动控制系统、轧辊偏心补偿、不等厚轧制、动力板形辊和激光测速仪等, 这些系统为以后生产优质高产铝箔奠定了基础。

1.1.4 铝箔的分类

随着铝箔工业的不断发展, 铝箔产品的种类也不断增加。铝箔的分类, 根据产品的形状、厚度、交货状态、化学成分及用途, 有很多种不同的分法。

1. 按形状分类

铝箔按形状分可分为卷状铝箔和片状铝箔。铝箔产品的供货方式绝大多数为卷状, 铝箔卷按不同的厚度、宽度、直径要求有多种规格, 只有极少数手工业包装用户使用片状铝箔。

2. 按厚度分类

铝箔按厚度分一般分为双张箔和单张箔。不同生产厂有不同的习惯分法,一般厂家将小于或等于0.012 mm厚度的铝箔称双张箔,大于0.012 mm厚度的铝箔称单张箔。

3. 按状态分类

铝箔按状态分主要为全硬状态箔、软状态箔、半硬状态箔、四分之一硬箔和四分之三硬箔。

(1)全硬状态箔,又称全硬箔,指轧制(完全退火材料并经75%以上冷轧变形)后未经退火处理的铝箔。由于未经退火处理,铝箔表面有残油。应用领域有加工铝箔器皿、装饰箔、药用箔等。

(2)软状态箔,指轧制后经充分退火而变软的铝箔。由于经充分退火,铝箔的抗拉强度降低,伸长率增加,材质柔软,表面无残油。应用领域有食品,香烟等复合包装材料、电器工业、软包装等。

(3)半硬箔,指铝箔的抗拉强度介于全硬箔和软状态箔之间的铝箔。应用领域有空调箔、食品容器、各种冲压成型的箔材、瓶盖料等。

(4)四分之三硬箔,即3/4硬箔,指铝箔的抗拉强度介于全硬箔和半硬箔之间的铝箔。应用领域有空调箔、食品容器、铝塑管用箔等。

(5)四分之一硬箔,即1/4硬箔,指铝箔的抗拉强度介于软状态箔和半硬箔之间的铝箔。应用领域有空调箔等。

4. 按表面状态分类

铝箔按表面状态分可分为单面光箔和双面光箔。铝箔轧制分单张轧制和双合轧制。单张轧制时铝箔上下面都和轧辊接触,两面都具有明亮的金属光泽,这种箔称双面光箔。双合轧制时每张箔只有一面和轧辊接触,和轧辊接触的一面与和铝箔相互接触的一面表面光亮度不同,和轧辊接触的面光亮,铝箔之间相互接触的面发暗,这种铝箔称单面光箔。

双面光铝箔的最小厚度主要取决于工作辊直径的大小,一般不小于0.01 mm,单面光铝箔的厚度一般不大于0.03 mm。

5. 按用途分类

铝箔按用途分主要分为包装用箔、日用品箔、电气设备用箔和建筑用箔。

1.1.5 铝箔的性质

1. 薄而轻

采用轧制方法批量加工生产的铝箔,目前的最小厚度已经达到0.004 mm,含99.996%铝箔密度为 2.712 g/cm^3 ,约为铁和铜的三分之一。用很小的质量就可以获得非常大的面积,是铝箔很好的一个特性。

2. 比强度大

铝合金具有较大的抗拉强度,铝合金的密度只有钢的三分之一,但比强度却远远高于钢,因此,在航空工业中,常用铝合金箔做飞机旋翼、机翼等所用的蜂窝结构材料等。

3. 较好的光泽

铝箔具有优良的银白色光泽,并且不容易随着时间和环境的变化而发生改变。铝箔经过衬纸、压花、着色、印刷等加工工序后,可以得到金色、红色以及其他各种不同颜色的制品,

表面美观大方。因此,铝箔产品被广泛地应用于各种包装、装饰等领域中。

4. 高热导率和电导率

纯度为99.996%的纯铝热导率为235.2 W/(m·K),电导率为64.94% IACS,铝箔的导电、导热性能仅次于银、金和铜,约相当于铜的60%。随着铝中杂质元素的增加,其导电、导热性能有所降低。铝的等体积电导率为57%~64.94% IACS。由于铝箔的厚度很薄,当铝箔缠绕使用时,铝箔的等体积电导率为60%~80% IACS。GB 3616—1999标定的1145、1235合金不同厚度铝箔的电流电阻参考数值见表1-5。由于铝箔在这方面的良好特性,与密度小的优点相结合,使得铝箔被广泛地应用于电器、日用品、空调器散热片等。

表1-5 不同厚度1145、1235合金铝箔(宽度10 mm)的电阻

标定厚度/mm	0.0060	0.0065~0.0070	0.0080	0.0090	0.010	0.011	0.016
最大电阻/($\Omega \cdot \text{m}^{-1}$)	0.55	0.51	0.43	0.36	0.32	0.28	0.25

5. 高防潮性

铝箔与其他包装材料相比,其防潮性较好。例如,厚度为0.02 mm以上的铝箔,由于材料表面针孔极少,其透湿度几乎可以看作为零。而厚度在0.02 mm以下的铝箔,随着材料表面针孔数量的增加,其透湿度也会增加,如果它与纸、塑料薄膜等复合在一起,其透湿度就会大大降低,与其他包装材料相比,其防潮方面具有十分明显的优势。因此,铝箔被广泛地应用于各类包装领域。

6. 无毒、无味

经过高温长时间退火的软状态铝箔,使附在铝箔表面的油污能够彻底除掉,同时还可以杀死表面的各种微生物。因此,软状态铝箔无毒、无味,保香性好。在冷冻食品、干燥食品及药用包装上应用十分普遍。

7. 良好的遮旋光性、隔热性

铝箔对热辐射能的发射率特别小,因此具有良好的隔热性能。铝箔热辐射能的发射率与厚度关系不大,主要取决于其表面的平整度。其发射率一般为5%~20%。因此铝箔对辐射能的吸收非常小,能使80%~95%的辐射热反射回去。铝箔是良好的隔热保温材料。

铝箔对光的反射能力特别强,其对光的反射率与铝箔的纯度、平整度、表面粗糙度、热射线波长等因素有关。随着铝箔纯度的增加与热射线波长的增大,铝箔对光的反射率也增大;随着平整度的降低与表面粗糙度的增大,铝箔对光的反射率降低。

在可见光波长0.38~0.76 μm 范围内,反射率可达70%~80%。在红外线波长0.76~50 μm 范围内,反射率可达75%~100%。

8. 良好的抗腐蚀性能

铝在空气中会迅速与氧结合,形成一层坚硬牢固的三氧化二铝(Al_2O_3)薄膜,这层薄膜使得内部的铝不再与氧产生化学反应。因此,铝具有很高的抗腐蚀性能。对于油脂和有机溶剂来说,铝是很稳定的,但在常温下,会被碱性物质腐蚀。平时在生产和使用过程中,要避免铝箔产品直接与水接触,特别是退火状态的铝箔产品,否则,就容易产生腐蚀。

1.1.6 铝箔的用途

由于铝箔具有良好的综合性能，成本与其他材料相比较低，因此，铝制品被广泛地应用。无论是包装、电器产品、日用品、航空工业、医药行业、建筑工业等各个方面，铝箔的优点都得到了充分的发挥。

铝箔的用途详见表 1-6。

表 1-6 铝箔用途一览表

行业	类别	典型厚度/mm	加工方式	用途
包装	食品	0.006 ~ 0.009	复合纸、塑料薄膜、压花上色、印刷等	糖果、奶及乳制品、粉末食品、饮料、茶
	烟草	0.006 ~ 0.007	复合纸、上色、印刷等	面包及各种小食品等
	医药	0.006 ~ 0.02	复合、涂层、印刷等	各种香烟内、外包装
	化妆品	0.006 ~ 0.009	复合、印刷等	片剂、颗粒剂
	瓶罐	0.011 ~ 0.2	印刷、冲制等	瓶盖、啤酒瓶、果汁瓶外封、各种商标等
日用	家庭	0.009 ~ 0.02	小卷	家庭食品包装等
	器皿	0.011 ~ 0.1	成型加工	食品器皿、煤气罩、烟灰盒及各种容器等
电器工业	电解电容器	0.015 ~ 0.11	在特定介质中浸蚀	电解电容器
	电力电容器	0.005 ~ 0.016	衬油浸纸	电容器
	散热器	0.09 ~ 0.2	冲制翅片	各种空调散热器
	电缆	0.15 ~ 0.2	铝塑复合	电缆包覆
建筑业	绝热材料	0.006 ~ 0.03	复合材料	住宅、管道等绝热保温材料等
	装饰板	0.026 ~ 0.2	涂漆、复合材料	建筑装饰板
	铝塑管	0.2	复合聚乙烯塑料	各种管道

1.2 铝及铝合金牌号及状态

铝及铝合金的牌号及状态以往都是采用国内统一的表示方法，即汉语拼音加顺序号，自 1996 年起，这种表示方法已经停止使用，目前采用的是国际四位数字体系的表示方法。

1.2.1 合金牌号

合金牌号采用的是四位数字体系表示方法，其中：第一位代表合金的系列，如第一位数字为 1，则代表为纯铝系列；第一位数字为 2 ~ 8，则代表以某合金元素为主的不同系列的铝合金。

具体的合金组别按下列主要合金元素划分：

工业纯铝 ($w(\text{Al}) \geq 99.00\%$)	1 × × ×
Al - Cu 系	2 × × ×

Al - Mn 系	3 × × ×
Al - Si 系	4 × × ×
Al - Mg 系	5 × × ×
Al - Mg - Si 系	6 × × ×
Al - Zn 系	7 × × ×
其他元素	8 × × ×
备用组	9 × × ×

1 × × × 组表示纯铝，其最后两数字表示最低铝百分含量中小数点后面的两位。牌号的第 2 位数字表示合金元素或杂质极限含量的控制情况，如果第 2 位为 0，则表示其杂质极限含量无特殊控制，如果是 1~9，则表示对一项或一项以上的单个杂质或合金元素极限含量有特殊控制。

2 × × × ~ 8 × × × 牌号中的最后两位数字没有特殊意义，仅用来识别同一组中的不同合金，其第 2 位表示改型情况。如果第 2 位为 0，则表示为原始合金，如果是 1~9，则表示是改型合金。

1.2.2 铝及铝合金的状态及代号

1. 基本原则

- (1) 基础状态代号用一个英文大写字母表示。
- (2) 细分状态代号采用基础状态代号后跟一位或多位阿拉伯数字表示。

2. 基础状态代号

基础状态代号、名称及说明与应用见表 1-7。

表 1-7 基础状态代号

代号	名 称	说 明 与 应 用
F	自由加工状态	适用于在成型过程中，对于加工硬化和热处理条件无特殊要求的产品，该状态产品的力学性能不作规定
O	退火状态	适用于经完全退火获得最低强度的加工产品
H	加工硬化状态	适用于通过加工硬化提高强度的产品，产品在加工硬化后可经过（也可不经过）使强度有所降低的附加热处理； H 代号后面必须跟有两位或三位阿拉伯数字
W	固溶热处理状态	一种不稳定状态，仅适用于经固溶热处理后，室温下自然时效的合金，该状态代号仅表示产品处于自然时效阶段
T	热处理状态 (不同于 F、O、H 状态)	适用于热处理后，经过（或不经过）加工硬化达到稳定状态的产品； T 代号后面必须跟有一位或多位阿拉伯数字

3. 细分状态代号

1) H 的细分状态

在字母 H 后面添加两位阿拉伯数字(H × ×)，或三位阿拉伯数字(H × × ×)表示细分

状态。

(1) $H \times \times$ 状态。

H 后面的第一位数字表示该状态的基本处理程序, 如:

H1——未经附加热处理, 只经加工硬化即所需强度的状态。

H2——加工硬化及不完全退火的状态, 适用于加工硬化程度超过成品规定要求后, 经不完全退火, 使强度降低到规定指标的产品。H2 与 H1 具有相同的最小极限抗拉强度值, 但伸长率 H2 比 H1 稍高。

H3——加工硬化及稳定处理的状态。适用于加工硬化后经低温热处理或由于加工过程中的受热作用致使其力学性能达到稳定的产品。H3 状态仅适用于在室温条件下逐渐时效软化的合金。

H4——加工硬化及涂漆处理的状态。适用于加工硬化后, 经涂漆处理导致不完全退火的产品。

H 后面的第二位数字表示产品的加工硬化程度, 数字 8 表示硬状态, 对于 O(退火) 和 $H \times 8$ 之间的状态, 应在 $H \times$ 代号后分别添加从 1 到 7 的数字来表示, 在 $H \times$ 后添加数字 9 表示比 $H \times 8$ 加工硬化程度更大的硬化状态。各种 $H \times \times$ 细分状态代号及对应的加工硬化程度见表 1-8。

表 1-8 $H \times \times$ 细分状态代号与加工硬化程度

细分状态代号	加工硬化程度
$H \times 1$	抗拉强度极限为 O 与 $H \times 2$ 状态的中间值
$H \times 2$	抗拉强度极限为 O 与 $H \times 4$ 状态的中间值
$H \times 3$	抗拉强度极限为 $H \times 2$ 与 $H \times 4$ 状态的中间值
$H \times 4$	抗拉强度极限为 O 与 $H \times 8$ 状态的中间值
$H \times 5$	抗拉强度极限为 $H \times 4$ 与 $H \times 6$ 状态的中间值
$H \times 6$	抗拉强度极限为 $H \times 4$ 与 $H \times 8$ 状态的中间值
$H \times 7$	抗拉强度极限为 $H \times 6$ 与 $H \times 8$ 状态的中间值
$H \times 8$	硬状态
$H \times 9$	超硬状态, 最小抗拉强度极限值超 $H \times 8$ 状态至少 10 MPa

注: 当按上表确定的 $H \times 1 \sim H \times 9$ 状态抗拉强度极限值不是以 0 或 5 结尾时, 应修正至以 0 或 5 结尾的相邻较大值。

(2) $H \times \times \times$ 状态。

H111——适用于最终退火后又进行了适量的加工硬化, 但加工硬化程度又不及 H11 状态的产品。

H112——适用于热加工或成型的产品。

H116——适用于镁含量不小于 4% 的 $5 \times \times \times$ 合金制成的产品。这些产品具有严格的力学性能及抗剥落腐蚀性能要求。

对于铝箔产品而言, 由于合金品种的限制及铝箔的用途, 主要的状态是 O 状态、H1 状态及 H2 状态, 其他状态很少用到。