

編委名單

主 编:李弘禔

副主编:曹颜顺 董连弟

编 委:朱定周 谭富荣 曹洪莉

张鸿书 孙小强 古中山

李 彤 曹洪健 易沪生

安深泽 李星辉

編委名單

主 编:李弘禔

副主编:曹颜顺 董连弟

编 委:朱定周 谭富荣 曹洪莉

张鸿书 孙小强 古中山

李 彤 曹洪健 易沪生

安深泽 李星辉

津新登字(90)003号

责任编辑:黄立民

现代装饰材料实用手册

李弘提 主编

*

天津科学技术出版社出版

天津市张自忠路189号 邮编 300020

山东新华印刷厂德州厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 17.5 字数 412 000

1996年6月第1版

1996年6月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5308-1912-7

TU·126 定价:30.00元

前 言

装饰材料是建筑装饰工程的物质基础,也是材料科学的一个重要组成部分。它随着社会经济和生产力水平的提高而不断发展。

进入 80 年代以来,随着我国改革开放力度的加大和经济建设的高速发展,以及旅游事业的兴起,人们对城镇的面貌,对工作与生活环境的要求都在不断地提高,希望能把生活的环境装饰得美观、舒适;把工作空间装修得更适合现代化的需要;把旅游景点及宾馆、商店等装修得高雅、豪华。这就对装饰工程中需要的装饰材料,无论在花色品种上,还是质量档次上都提出了新的要求。

装饰工程是在已有的建筑物实体上进行的一个再创造过程,而装饰工程的总体功能及装饰效果,则必须通过装饰材料的质感、色彩、线条及材料的性能等的谐调运用体现出来。所以,这就要求从事装饰工程的设计人员和施工人员,必须熟悉装饰材料的类型、性能和特点,掌握各类材料在使用过程中的变化规律,善于在不同的工程条件和使用环境下选择适用的装饰材料。对于管理及采购人员,也应知道各种材料的性能,掌握材料价格及市场供销情况。这样,才能既合理地使用装饰材料,又可使装饰工程的造价达到总体效益上的经济合理。

我国装饰材料进入 90 年代以来,在产品的系列化及质量的档次上,都有了大幅度的发展;装饰材料的种类、品种和规格日益增多;并且,许多具有特殊性能的饰面材料,如新型的吸声材料、隔热保温材料、铝合金耐蚀材料、新的复合材料、改性材料等大量出现。面对这一情况,就必须及时掌握这些众多的装饰材料,才能切实做好装饰材料的合理选用,以确保装饰工程的质量、安全和效益。

基于这些情况,本手册的编写,突出了以下的特点。

一、内容系统 本手册在重点介绍铝合金等装饰材料时,重视内容上的系统性。即从材料的制造过程、性能特点、适用范围及施工注意事项等进行了系统而扼要的介绍,以便读者全面了解和恰当选用所需要的装饰材料。

二、选材新颖 本手册在汇集常用的传统装饰材料的同时,对 90

目 录

第一部分 铝及铝合金材料

一、铝的性能	(1)
(一)纯铝的特性和牌号及其杂质	(1)
1. 纯铝的一般特性	(1)
2. 铝的牌号	(1)
3. 少量添加元素及杂质对铝的组织 and 性能的影响	(1)
4. 铝的性能、品种和用途	(4)
(二)变形铝合金牌号及其状态代号的编制	(10)
1. 中国变形铝合金的牌号及其状态代号	(10)
2. GB3190-82 铝及铝合金加工产品的化学成分	(16)
二、变形铝合金材料	(16)
(一)工业高纯铝和工业纯铝	(16)
1. LG ₅ (1199)	(16)
2. L ₂ (1060)	(17)
3. L ₃ (1050)	(18)
(二)铝镁系防锈铝合金	(19)
1. LF ₂ (5052)	(19)
2. LF ₅₋₁ (5056)	(21)
(三)铝-锰系防锈铝合金	(22)
LF ₂₁ (3003)	(22)
(四)硬铝	(24)
1. LY ₁ (2117)	(24)
2. LY ₁₂ (2024)	(25)
(五)锻铝	(28)
1. LD ₂	(28)
2. LD ₃₀ (6061)	(30)
3. LD ₃₁ (6063)	(32)
(六)超硬铝合金	(34)
1. LC ₄	(34)
2. LC ₉ (7075)	(36)
(七)特殊铝合金	(38)
1. LT ₁ (4043)	(38)

2. LT ₁₇ (4047)	(40)
3. LT ₆₆	(40)
三、铝材的应用	(41)
1. 铝材的基本性质	(41)
2. 铝材的基本特性及其用途举例	(45)
3. 建筑铝材	(47)
4. GB3193-82 铝及铝合金热轧板	(50)
5. GB3194-82 铝及铝合金板材的尺寸及允许偏差	(53)
6. GB3617-83 表盘及装饰用铝及铝合金板	(55)
7. GB3618-83 铝及铝合金花纹板	(56)
8. GB3880-83 铝及铝合金板材	(58)
9. GB3881-83 钎接铝合金板	(64)
10. GB4436-84 铝及铝合金管外形尺寸及允许偏差	(65)
11. GB4437-84 铝及铝合金热挤压管	(72)
12. GB3191-82 铝及铝合金挤压棒材	(73)
13. GB3192-82 高强度铝合金挤压棒	(78)
14. GB5237-85 铝合金建筑型材	(79)
15. GB4438-84 铝及铝合金波纹板	(85)
16. GB3199-82 铝及铝合金加工产品的包装、标志、运输、贮存	(86)
四、表面处理	(89)
1. 表面预处理	(89)
2. 化学氧化处理	(98)
3. 阳极氧化处理	(100)
4. 着色处理	(109)
5. 封孔处理	(118)
参考文献	(123)

第二部分 装饰工程与用料选择

一、装饰与材料	(124)
(一)材料的装饰特性	(124)
1. 材料的光泽	(124)
2. 材料的质地	(124)
3. 纹理与花样	(124)
4. 材料的质感	(125)
(二)装饰材料的色彩	(125)
1. 材料色彩的视感作用	(125)

2. 材料色彩的情感作用	(126)
3. 材料色彩在装饰中的选用	(126)
(三)装饰材料的变色与污染	(127)
1. 天然石材的变色与污染	(127)
2. 水泥饰面板的变色和污染	(127)
3. 铝合金饰面板及塑料等的变色与污染	(128)
4. 装饰材料的变色程度	(128)
二、装饰工程	(129)
(一)装饰工程的内容	(129)
1. 总体装饰工程	(129)
2. 局部装饰工程	(129)
(二)装饰设计的一般程序	(129)
1. 明确装饰内容	(130)
2. 拟订装饰方案	(130)
3. 进行装饰设计	(130)
4. 签约或招标	(130)
5. 制订施工计划	(130)
6. 验收和结算	(130)
7. 装饰设计的一般程序	(131)
(三)装饰的耐久性	(132)
1. 装饰耐久性的选定原则	(132)
2. 影响装饰耐久性的一些因素	(132)
三、装饰材料的选用原则及分类	(133)
(一)装饰材料的选用原则	(134)
1. 满足使用功能的原则	(134)
2. 考虑地区特点的原则	(134)
3. 确保材料供应的原则	(134)
4. 施工可行性原则	(135)
5. 经济性原则	(135)
(二)装饰材料的选择内容	(135)
1. 选择装饰材料时应具有的基本性能	(135)
2. 装饰材料在外观上的基本要求	(136)
3. 装饰材料的经济指标	(136)
(三)装饰材料的分类	(137)
四、外墙面装饰材料的选用	(138)
(一)石材类装饰材料	(138)
1. 大理石板材	(138)
2. 花岗石板材	(148)

3. 石材的加工、检验与包装 (149)

4. 人造大理石板材 (150)

(二)外墙贴面材料 (152)

1. 外墙面砖..... (153)

2. 釉面砖 (153)

3. 陶瓷劈离砖 (159)

(三)铝合金及其它饰面板材料..... (160)

1. 铝合金饰面板的类型和性能 (160)

2. 其它外墙饰面板材料 (162)

(四)外墙饰面板的安装 (162)

1. 石材类饰面板的安装 (163)

2. 贴面材料的镶贴施工 (164)

3. 铝合金等金属饰面板的安装 (165)

(五)外墙装饰材料的选择要点 (165)

五、内墙面装饰材料的选用 (166)

(一)卷材类饰面材料 (166)

1. 塑料墙纸 (166)

2. 装饰墙布 (168)

3. 织锦缎 (169)

4. 微薄木贴面材料 (169)

5. 人造革饰面材料 (170)

6. 卷材饰面的粘贴及施工注意事项 (170)

(二)板材类内墙饰面材料 (171)

1. 铝合金装饰板 (171)

2. 胶合板 (172)

3. 塑料贴面胶合板 (172)

4. 塑料装饰板 (173)

(三)墙面涂层材料 (173)

(四)内墙装饰材料的选择要点 (174)

六、地面装饰材料的选用 (174)

(一)块材类地面材料 (174)

1. 彩色水泥花砖 (174)

2. 陶瓷锦砖..... (175)

3. 拼木地板..... (177)

4. 石材地面饰材 (177)

(二)软质地面装饰材料 (177)

1. 橡胶地毯..... (178)

2. 塑料地板..... (178)

3. 羊毛地毯.....	(179)
4. 化纤地毯.....	(179)
(三)地面涂层材料	(180)
七、顶面装饰材料的选用	(181)
(一)轻质顶面装饰材料	(181)
1. 石膏纤维板	(181)
2. 钙塑泡沫饰面板	(182)
3. 石膏纸面板	(183)
4. 聚氯乙烯塑料天花板	(183)
5. 贴面碎木天花板	(184)
(二)保温隔热饰面材料	(185)
1. 膨胀珍珠岩保温板	(185)
2. 水玻璃珍珠岩隔热板	(186)
3. 硬质泡沫塑料隔热板	(186)
4. 玻璃棉隔热板	(187)
5. 保温隔热材料使用中的注意事项	(187)
(三)吸声饰面材料	(188)
1. 硬质纤维饰面板	(189)
2. 石膏吸声饰面板	(189)
3. JZ-1 型珍珠岩吸声装饰板	(189)
4. 岩棉吸声装饰板	(190)
5. 矿渣棉吸声装饰板	(191)
6. 铝合金复层吸声饰面板	(191)
7. 穿孔吸声石棉水泥饰面板	(192)
8. 绒面吸声装饰板	(192)
9. 彩光石膏饰面板	(193)
10. 吸声材料的性能及使用注意事项	(194)
附:噪声标准及声源资料	(195)
(四)顶棚支承材料	(197)
1. 铝合金龙骨吊顶材料	(197)
2. 钢质龙骨吊顶材料	(198)
八、屋面装饰材料的选用	(199)
(一)玻璃钢波形瓦	(199)
1. 玻璃钢波形瓦的品种及规格	(199)
2. 玻璃钢波形瓦的用途	(199)
(二)铝及铝合金波纹板	(199)
1. 铝及铝合金波纹板的特点	(200)
2. 铝及铝合金波纹板的规格和性能	(200)

3. 铝及铝合金波纹板的用途与安装	(200)
(三)彩色涂层钢板	(200)
1. 彩色涂层钢板的特点	(200)
2. 彩色涂层钢板的规格及性能	(201)
3. 彩色涂层钢板的用途	(201)
4. 涂层压型板	(201)
(四)有机玻璃板	(202)
1. 无色透明有机玻璃	(202)
2. 彩色有机玻璃	(202)
(五)聚氯乙烯塑料瓦楞板	(203)
1. 聚氯乙烯塑料瓦楞板的特点	(203)
2. 聚氯乙烯塑料瓦楞板的规格波形	(203)
(六)曲面玻璃板	(203)
1. 曲面玻璃板的特点	(203)
2. 曲面玻璃板的透光性能	(204)
九、玻璃幕墙装饰材料的选用	(204)
(一)玻璃材料	(204)
1. 通用平板玻璃	(205)
2. 钢化玻璃	(206)
3. 夹丝玻璃	(206)
4. 中空玻璃	(206)
5. 夹层玻璃	(208)
6. 压花玻璃	(209)
7. 磨砂玻璃	(209)
8. 热反射玻璃	(210)
9. 彩色玻璃	(211)
10. 吸热玻璃	(211)
11. 其它饰面玻璃材料	(212)
(二)幕墙框架材料的选用	(213)
1. 铝合金型材	(213)
2. 铝合金玻璃幕墙的结构形式	(214)
3. 幕墙材料的类型及选用	(214)
(三)玻璃幕墙的安装与维护	(214)
1. 单元式幕墙的安装	(215)
2. 元件式幕墙的安装	(215)
3. 玻璃幕墙的维护	(216)
十、门窗及廊柱装饰材料的选用	(216)
(一)板材类装饰材料的选用	(216)

1. 塑料钢板复合饰面板	(216)
2. 彩色不锈钢饰面板	(217)
3. 玻璃锦砖	(217)
4. 镜面装饰材料	(217)
(二)门窗装饰材料	(218)
1. PVC 塑料门窗	(218)
2. 铝合金门窗	(219)
3. 钢塑门窗	(225)
(三)卷帘门窗类材料	(225)
1. 铝合金卷帘门	(225)
2. 钢质卷帘门窗	(225)
(四)浮雕类装饰材料	(226)
1. 铜浮雕制品	(226)
2. 再造石浮雕制品	(226)
3. 石膏浮雕制品	(226)
4. 铝合金浮雕制品	(227)
参考文献	(227)

第三部分 装饰材料的发展趋势及新产品介绍

一、装饰材料的发展是社会发	展、建筑装饰的需要	(229)
二、装饰材料发展近况		(230)
(一)铝及其合金装饰材料发展动向		(230)
(二)其他金属装饰材料发展动向		(231)
(三)玻璃装饰材料发展动向		(232)
(四)装饰涂料的发展动向		(233)
(五)塑料装饰材料发展动向		(233)
(六)装饰石膏制品发展动向		(234)
(七)石材及仿石材装饰材料的发展动向		(235)
(八)陶瓷装饰材料发展动向		(235)
三、装饰材料新产品介绍		(235)
(一)金属类装饰材料新产品		(235)
1. 彩色不锈钢板材和型材		(235)
2. 彩色不锈钢装饰板材		(235)
3. 蚀刻装饰板		(236)
4. 浮雕金属饰面砖		(236)
5. 全新彩板门窗		(236)

(二)复合材料类装饰材料新产品	(236)
1. 塑钢雕花木门及装饰板	(236)
2. 塑木浮雕门	(236)
3. 高级彩板组角钢门窗	(237)
4. 优丽塑铝板	(237)
5. 镜面不锈钢复合窗	(237)
6. 彩色护墙板	(237)
7. 镁铝曲面装饰板	(237)
8. 金属墙布	(238)
(三)涂料类装饰材料新产品	(238)
1. 仿瓷仿壁纸内墙涂料	(238)
2. 7170 高级聚氨酯仿瓷涂料	(238)
3. 多彩花纹内墙涂料	(238)
4. 高档内墙装饰多彩涂料	(238)
5. 乳液型复层花纹涂料	(239)
6. 芳香型多彩花纹涂料	(239)
7. 防霉加香夜光多彩花纹涂料	(239)
8. 宝石彩涂料	(239)
9. 改性仿瓷涂料	(239)
10. 浮雕造型复层花纹主涂料	(240)
11. 彩绒涂料	(240)
12. 可逆性热变色涂料	(240)
13. 石头漆	(240)
14. 水性绒面涂料	(240)
15. 透气性外墙装饰涂料	(241)
16. 丙烯酸外墙高温彩釉砂喷涂料	(241)
17. “999”高级仿瓷涂料	(241)
18. BM-91 合成树脂彩色薄抹涂料	(241)
19. DB 复层装饰涂料	(241)
(四)玻璃类装饰材料新产品	(242)
1. 复合彩色金星装饰玻璃	(242)
2. 玻璃微晶立体艺术装饰板	(242)
3. 红彩装饰玻璃	(242)
4. 矿渣斑纹玻璃饰面板	(242)
5. 铬金星玻璃饰面板	(242)
6. 满天星复合装饰玻璃	(243)
7. 超豪华型幕墙玻璃	(243)
8. 艺术玻璃	(243)
9. TLB 系列镭射光学玻璃	(243)

10. 能调节室温的热变色玻璃	(243)
11. 保温导电膜玻璃	(243)
12. 微粒分散型调温玻璃	(244)
13. 彩色吸声泡沫玻璃	(244)
14. 金云母泡沫玻璃饰面板	(244)
15. 彩虹装饰材料	(244)
16. 电子调温玻璃	(244)
17. 智能玻璃	(244)
18. 浮雕艺术玻璃	(245)
(五)塑料类装饰材料新产品	(245)
1. 仿铝合金塑料装饰材料	(245)
2. PV 系列装饰片	(245)
3. 彩色石英塑料地板	(245)
(六)陶瓷类装饰材料新产品	(246)
1. 钒钛黑色陶瓷	(246)
2. 金属复面墙地砖	(246)
3. 高级墙地砖	(246)
4. 镜面瓷质墙地砖	(247)
5. 高反射膜陶瓷面砖	(247)
6. 渗花瓷质砖	(247)
(七)石材及人造石装饰材料新产品	(247)
1. 人造全无机花岗石大理石装饰板	(247)
2. 玻璃花岗石装饰板	(247)
3. 仿花岗岩水磨石砖	(248)
4. 装配式人造瓷砖板	(248)
5. 玻璃大理石	(248)
6. 仿黑色大理石装饰材料	(248)
7. 无机大理石	(248)
8. 仿花岗石水磨砖	(249)
9. 透光大理石	(249)
10. 高级石化瓷砖	(249)
(八)石膏板类装饰材料新产品	(249)
1. 印花纸面石膏装饰板	(249)
2. 增强型系列石膏装饰制品	(249)
3. 仿金装饰石膏板	(250)
4. 无机型防水石膏板	(250)
(九)壁纸壁布类装饰材料新产品	(250)
1. 发光壁纸	(250)
2. 超豪华弹性壁布	(250)

3. 薄木壁纸	(250)
4. 高档印花压花墙纸	(251)
(十)其他装饰材料新产品	(251)
1. 天然石粉合成的内饰面材料	(251)
2. 搪瓷平板装饰材料	(251)
3. PR 装饰膏	(251)
4. 超薄型仿瓷装饰面板	(251)
5. 多彩晶面砖	(252)
6. 彩釉玻璃波型瓦	(252)
7. 豪华多功能装饰吸音板	(252)
8. 多用途玻璃钢装饰板	(252)
9. 发光装饰材料	(252)
10. 新型植绒产品	(252)
11. 水泥镜面装饰板	(252)
12. 新型绝缘装饰板	(252)
参考文献	(253)

附 录 常用计量单位、单位换算及有关资料

一、常用计量单位	(255)
1. 国际单位制的基本单位	(255)
2. 国际单位制中具有专门名称的导出单位	(255)
3. 国家选定的非国际单位制单位	(256)
4. 用于构成十进倍数和分数单位的词头	(256)
二、计量单位的换算及常用资料	(257)
1. 磅与千克(kg)间的换算	(257)
2. 英尺与米及英寸与毫米的换算	(258)
3. 英寸的分数与毫米(mm)的换算	(258)
4. 常用容量单位	(259)
5. 常用容量单位的换算	(259)
6. 常用容量单位英美制对照表	(259)
7. 常用重量单位及重量单位的换算	(260)
8. 水压标示间的换算	(260)
9. 压力与强度及功率单位的换算	(260)
10. 非法定单位与法定单位间的换算	(261)
11. 摄氏温度与华氏温度对照表	(262)
12. 常用颜色的配比及其特征	(264)

第一部分 铝及铝合金材料

一、铝的性能

(一) 纯铝的特性和牌号及其杂质

1. 纯铝的一般特性

(1) 比重小。纯铝的密度接近 2700kg/m^3 , 约为铁或铜的比重的三分之一。

(2) 导电、导热性好。铝的导电、导热性能仅次于银、铜和金, 室温时电工铝的等体积电导率可达 62% IACS, 若按单位重量导电能力计算, 其导电能力为铜的一倍。

(3) 对光的反射率高。铝的抛光表面对白光的反射率达 80% 以上, 纯度越高, 反射率越高。同时, 铝对红外线、紫外线、电磁波、热辐射等都有良好的反射性能。

(4) 热中子吸收截面较小。铝对高能中子来说, 具有与其他金属相同程度的中子吸收截面, 对低能中子的吸收截面, 仅次于铍、镁、锆等金属。而铝耐核辐射的最大优点是对照射生成的感应放射能很快衰减。

(5) 易加工。铝可用任何一种铸造方法铸造。铝的塑性好, 加工速度快, 可轧成薄板和箔; 拉成管材和细丝; 挤压成各种复杂断面的型材; 可以大多数机床所能达到的最大速度进行车、铣、镗、刨等机械加工。

(6) 表面光泽美观。铝及其合金由于反射能力强, 表面呈银白色光泽。经机加工后就可达到很高的光洁度和光亮度。如果经过阳极氧化和着色, 不仅可以提高抗蚀性, 而且可以获得五颜六色、光彩夺目的制品。

(7) 无磁性、冲击不生火花。这对某些特殊用途十分可贵。如作仪表材料, 作电气设备的屏蔽材料。

(8) 耐腐蚀。铝及铝合金的表面, 易生成一层致密、牢固的 Al_2O_3 保护膜。因此, 铝有很好的耐大气的腐蚀和水腐蚀的能力。

(9) 有吸音性。对室内装饰有利, 也可配制成减震合金。

2. 铝的牌号

按照纯度不同, 铝可分为高纯铝、工业高纯铝和工业纯铝。铝的牌号及杂质含量如表 1-1 所示。

3. 少量添加元素及杂质对铝的组织 and 性能的影响

纯铝中的主要杂质为铁和硅, 其次是铜、镁、锌、锰、钛等。这些元素对铝之组织和性能均有一定的影响。

表 1-1 铝的牌号及杂质含量

牌 号	代 号	含铝量 %不少于	杂质%不大于					
			铜	铁	硅	铁+硅	其他杂质	
							单个	合计
五号工业高纯铝	LG ₅	99.99	0.005	0.003	0.0025	—	0.002	—
四号工业高纯铝	LG ₄	99.97	0.005	0.015	0.015	—	0.005	—
三号工业高纯铝	LG ₃	99.93	0.010	0.04	0.04	—	0.007	—
二号工业高纯铝	LG ₂	99.9	0.010	0.06	0.06	—	0.01	—
一号工业高纯铝	LG ₁	99.85	0.010	0.10	0.08	—	0.01	—
一号工业纯铝	L ₁	99.7	0.010	0.16	0.16	0.26	0.03	—
二号工业纯铝	L ₂	99.6	0.010	0.25	0.20	0.36	0.03	—
三号工业纯铝	L ₃	99.5	0.015	0.30	0.30	0.45	0.03	—
四号工业纯铝	L ₄	99.3	0.05	0.35	0.40	0.60	0.03	—
四减一号工业纯铝	L ₄₋₁	99.3	0.05	0.15-0.30	0.10-0.20	—	0.03	Mg Mn Zn 0.01 0.01 0.02
五号工业纯铝	L ₅	99.0	0.05	0.50	0.50	0.9	0.05	0.15
五减一号工业纯铝	L ₅₋₁	99.0	0.05-0.20	—	—	1.0	0.05	Mn Zn 0.15 0.05 0.10
六号工业纯铝	L ₆	98.8	0.10	0.50	0.55	1.0	0.05	Mg Mn Zn 0.15 0.1 0.10

(1)相图。铁和硅是铝中常见的共存杂质,图 1-1 为 Al-Fe-Si 三元相图铝角部分,由图可见,除了 FeAl₃ 和 Si 外,还形成两个三元化合物 α (Al,Fe,Si)和 β (Al,Fe,Si)。 α (Al,Fe,Si)的分子式为 Al₁₂Fe₃Si₂,呈骨骼状,四方晶格,显微硬度 HM 为 3300~3600MPa。

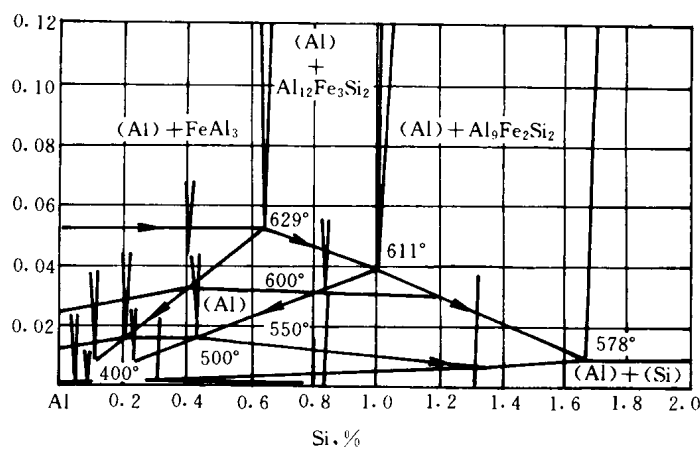


图 1-1 Al-Fe-Si 三元相图

β (Al,Fe,Si)的分子式为 Al₉Fe₂Si₂,呈针状,菱形晶格,显微硬度为 5780MPa。

当铝中的杂质铁和硅的含量很少时,硅溶于基体,铁形成 FeAl₃ 相,当其含量超过一定量时,铝中还能出现三元化合物。若杂质铁的含量大于硅时,形成 α (Al₁₂Fe₃Si₂);而硅大于铁时,则形成 β (Al₉Fe₂Si₂)相,就这两个三元化合物的变形性能相比, α (Al₁₂Fe₃Si₂)相比较好。工业纯铝中,可能有 FeAl₃,Si, α (Al₁₂Fe₃Si₂)和 β (Al₉Fe₂Si₂)等杂质相。这些化合物的存在,使铝的塑性