

铝基复合材料介绍

铝基复合材料，泛指以铝合金为基体（连续体）的复合材料，品种众多，功能各异。从复合材料品种来分，主要分两大类：陶瓷颗粒增强铝基复合材料；纤维以及晶须增强的铝基复合材料，当然，两者也经常混合在一起作为增强项以提供更为优异的性能。更多的时候，是从材料功能及应用领域来分类的。下面介绍法迪公司目前提供的品种：

金属化的陶瓷 ---- 代表：高体积分数 铝碳化硅复合材料

陶瓷体积分数 55-70%，整体性能更趋向陶瓷。典型特征是：低热膨胀系数、高热导率、高刚性，主要应用领域是功率电子封装、微波封装、光学支架等。法迪目前提供两个品种：

铝碳化硅-80 用于对刚性需求较高的结构性应用，可铸造成形复杂形状的产品；铝碳化硅-18 用于功率电子封装，产品形状相对简单。

	铝碳化硅-80	铝碳化硅-18
铝合金	ZL101A	ZL101A
陶瓷	电子级碳化硅，体积分数 55%	电子级碳化硅，体积分数 65%
热导率 (W/mK) @25° C	≥180	≥220
比热(J/gK) @ 25° C	0.755	0.803
线热膨胀系数(CTE) ppm/° C	(30-100° C) 7.42	(25° C) 5.98
	(30-150° C) 7.94	(75° C) 8.10
	(30-200° C) 8.34	(125° C) 8.70
杨氏模量(GPa)	185	200
剪切模量(GPa)	75	75
抗弯强度(MPa)	≥350	≥300
断裂伸长率 (%)	0.28	0.28
断裂韧度	12	10
电阻率(μOhm-cm)	20	20
气密性(atm-cm ³ /sHe)	< 10 ⁻⁹	< 10 ⁻⁹

注：上述为最常用品种，性价比最高。热导率更高的品种，请来电咨询。

高体积分数铝碳化硅典型应用：

1. IGBT 基板、MOS 基板，用于高铁、地铁、新能源汽车上的 IGBT、MOS 模块的封装。
2. 混合电路、微波等衬底、气密管壳的制作。通常需要与其它可机加材料，如铝硅一起制作。

铝硅复合材料：高体积分数铝碳化硅的补充

铝硅复合材料，只有高体积分数品种，增强相为金属硅颗粒，性质类似铝碳化硅，密度略低，各项指标弱于铝碳化硅，但可机加，常用于需要控制热膨胀系数的精密件加工。

典型应用：军工电子气密管壳、医疗器械底板。

陶瓷增强的金属 ---- 代表：低体积分数 铝碳化硅

陶瓷颗粒增强，平均粒径 10 μm，体积分数 5-30%，分碳化硅颗粒及氧化铝颗粒，铸造或挤压成形。经陶瓷增强的铝合金，材料强度、刚性及耐磨性能都远高于基体铝合金。主要品种两个：10#陶瓷增强铝合金、20#陶瓷增强铝合金。

	极限抗拉强度 (MPa)	屈服强度(MPa)	断裂伸长率 (%)	弹性模量 (GPa)	洛氏硬度(HRB)
10#陶瓷增强铝合金	338	303	1.2	86.2	73
20#陶瓷增强铝合金	359	338	0.4	98.6	77

注：基体合金为 ZL102，金属模铸造，T6 热处理。挤压铸造指标略高。

典型应用：

1. 用于制造刹车盘、刹车鼓、制动卡钳、缸套、悬架臂、车架、曲轴箱等结构件，替代钢材可减重一半以上。
2. 光学支架、支座。



功率电子基板（上），电子基座（下：内含高导热石墨夹芯）



超轻铝基复合材料 ---- 代表：Alvaco（飞酷）

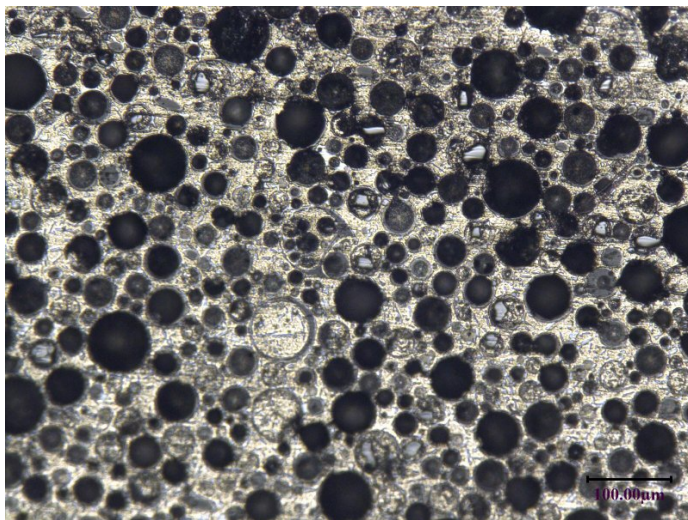
Alvaco 铝基复合材料，是 Aluminum Vacuum Corundum 的缩写，即中空刚玉颗粒增强铝基复合材料。中文代号“飞酷”。Alvaco 是西安法迪复合材料有限公司的专利材料。

Alvaco 采用内部真空的薄壁球状陶瓷颗粒替代传统实心颗粒，并添加短碳纤维、短陶瓷纤维增韧，浸渗铝合金液体后成形。材料典型特点：

1. **密度小**：材料密度 1.4-1.6，典型 1.5（视其中加入的其它增强相而定），约为铝合金的一半；
2. **机械加工性能**得到大幅提升：可攻丝、可铣曲面，加工性能类似 7 系铝合金，这是传统陶瓷颗粒增强材料无法做到的；
3. 更好的材料韧性和**减震性能**，大幅降低传统陶瓷金属复合材料的脆性。

同时，Alvaco 保留了铝基陶瓷复合材料的耐磨、热形变小等优点。

Alvaco 的制做工艺，首先是制备氧化铝中空球形陶瓷，烧制后筛选粒径在 10-30 μm 左右壁厚 1-2 μm 的微球，进行陶瓷制坯（可制作成最终产品形状一致的坯，也可做材料块）。烧结后的陶瓷坯，放入模具后，置入我们特定的铝液浸渗设备中进行铝液的浸渗，凝固出模，即可得 Alvaco 零件。



左图为 Alvaco 的晶相图，球形的是氧化铝陶瓷中空微珠，内真空。白色为铝合金。

材料指标典型值：

抗弯强度：95MPa；

弹性模量：85GPa；

剪切模量：34GPa；

热导率：90W/mK；

热膨胀系数：8.5ppm；

电阻率：30 $\mu\text{Ohm-cm}$ ；

材料指标的可调性：作为复合材料，Alvaco 的指标是可调整的。根据应用领域的不同，复合材料中可添加不同的纤维/晶须增强相，进行不同的热处理，以优化应用性能。如提高拉伸强度，提高模量等处理。

材料的隐形加强筋设计：Alvaco 复合材料可类铸造成形，那么，针对材料的特定应用环境的要求，可在制作材料素坯时，在特定部位加入碳纤维、陶瓷纤维材料的加强筋，在筋的部位最后形成碳纤维、陶瓷纤维铝基复合材料，形成隐形加强筋，增加结构稳定性。

Alvaco 材料，来源于导航台架对高模量、可机加、低密度的材料需求。模量可调整到 140GPa 以上，脆性类似铸铁。当用于其它替代铝合金减重的环境，则可调整到与铝合金相似的韧性和抗冲击性能。



右图为 Alvaco 材料制作的机箱，相比铝合金机箱，减重 2 公斤以上。



右图：Alvaco 压缩机端盖，替代钢材后，转速由以往 3000 转极限提升至 10000 转以上，并且高频噪音抑制效果明显。此应用内部加入 5%碳化硅颗粒增强。



上图：Alvaco 复合材料加工出来的零件外观，机加后表面光洁度 Ra0.7，类似铝合金的金属外观。用于光学台座。

退火热解石墨夹芯/铝硅复合材料

用于板体平面高导热，迅速消除热结。平面热导率 800~1100W/mK。



（腔体截面，黑色部分是热导率高达 1700W/mK 的专用石墨材料）

石墨/铝复合材料

具有比铝碳化硅更好的热导率，比铝硅更好的机械加工性能，密度小、热膨胀系数小。此材料处研发阶段，抗弯强度 55MPa，热导率 367W/mK。材料性能正在进一步改良之中。

铝/金刚石复合材料

具有比高体积分数更好的热膨胀系数控制能力，热导率可高达 600W/mK 以上。因成本相对高，加工难度大，通常为一次成形，并且不单独使用，而是与其它材质，如铝硅一起成形双复合材料，用于高功率微波、高功率电子产品的封装。



双复合材料微波管壳，底部为铝/金刚石复合材料，低热膨胀系数可与芯片匹配，超高的热导率保持芯片工作环境温度良好。侧壁为铝硅，提供良好的机加性能，用于绝缘子通道的加工；同时，方便焊接密封盖板。