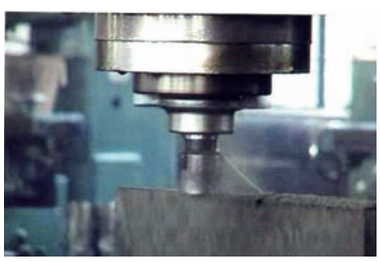
复合材料及其切削加工

■ 北京南口轨道交通机械有限责任公司 （102202） 郑文虎 李秋彤

摘要：复合材料是由两种或两种以上的不同性能、不同状态的组分材料，通过复合工艺组合而成的一种多相材料。它既保留原组分材料主要特色，又通过复合效应获得原组分所不具备的性能。本文主要介绍了复合材料及其切削加工。



复合材料由基体相（环氧树脂、不饱和聚酯、呋喃树脂、聚酰亚胺、有机硅树脂及高性能热塑性树脂等）、增强相（玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、碳化硅纤维、氧化铝纤维、晶须及芳纶等）和界面相（聚合物基复合材料界面、金属基复合材料界面及陶瓷基复合材料界面等）组成。

1. 复合材料的分类

（1）按增强体的几何形态分。①连续纤维增强复合材料，包括单向纤维、无纬布、二维织物、多向编织和混杂复合材料。②短纤维复合材料，如晶须和无规则短纤维混合复合材料。③颗粒增强复合材料，可分为弥散增强复合材料（粒径0.01～0.1μm）和粒子增强复合材料（粒径0.01～0.1μm）。④薄片增强复合材料，其增强体为长与宽相近似的薄片。

（2）按增强纤维种类分。①玻璃纤维增强复合材料。②有机纤维增强复合材料（芳香族聚酰胺纤维、芳香族聚酯纤维和高强度聚烯烃纤维等）。③碳纤维复合材料。④金属纤维复合材料（钨纤维、不锈钢丝等）。⑤陶瓷纤维（氧化铝、碳化硅及碳化硼等纤维）。

（3）按基体材料分。①聚合物基复合材料PMC，有机聚合物（热固性和热塑性树脂及橡胶）。②金属基复合材料MMG，如铝基、钛基和铜基复合材料。③无机非金属复合材料CMC、陶瓷材料（玻璃、水泥和碳等）。

（4）按材料使用功能分。①结构复合材料，主要用作支撑结构使用。②功能复合材料，它具有某种物理化学特性，如声、光、电、热、磁、耐腐蚀、阻尼、摩擦或换能等。

2. 聚合物基复合材料的性能特点

（1）比强度、比模量高

---

2. 铣用花盘的使用

“铣用花盘”投入使用以来，对外加工定量300件，提前20天完成加工任务，节省硬合金刀具损耗费用约1 500元，节省其他生产成本约2 100元。

3. 结语

“铣用花盘”投入使用，有效节约了生产时间，有效降低了生产成本，减少了数控设备损耗，扩大了铣床工作范围，提高了设备利用率，应用效果非常显著（见图5）。该套夹具获青岛港集团2012年度工属具技术革新成果二等奖。



图5 铣用花盘使用图

MW（收稿日期：20151217）

（见附表）。

（2）耐疲劳性好，破损安全性高。大多金属材料的疲劳强度极限是拉伸强度的30%～50%，而碳纤维/环氧复合材料是70%～80%。而破损断裂不会像金属那样突然发生，在短期内不会失去承载能力。

（3）阻尼减振性好。吸收振动能量使振动阻尼很高。

（4）具有多功能性。瞬时耐高温、耐烧蚀好、电绝缘性、高频介电性好及良好的摩擦性能等。

（5）工艺性好。

3. 金属基复合材料的性能特点

（1）高比强度和比模量，如碳纤维、硼纤维和碳化硅纤维等增强物，具有很高的强度和弹性模量。其强度可达3 000～91 000MPa，E=350 000～450 000，而密度只有1.85～3.4g/cm^3。

（2）导热、导电性好。有的比纯金属高，如石墨、金刚石纤维。

（3）热膨胀系数小。当石墨纤维含量达48%时，它的线膨胀系数为零。

（4）优良的高温性能。耐热175～900℃。

（5）耐磨性能好。如汽车发动机、刹车盘及活塞等。

（6）良好的疲劳性能和断裂韧性。

（7）不吸潮、不老化且气密性好。

4. 陶瓷基复合材料的性能特点

它具有熔点高、密度低、抗氧化、抗腐蚀、耐高温及耐磨损等特点。它的使用温度可达1 000～2 000℃。

5. 复合材料在航天航空工业中的应用

主要用于固体火箭发动机燃烧室绝热壳体结构，导弹运载火箭的间段结构、液氢储箱结构、仪表舱结构、导弹和卫星整流罩结构，导弹防热材料以及卫星各种结构（碳纤维复合材料为代表的ACM先进复合材料）。

聚合物基复合材料性能表

材料	密度/（g·cm^{-3}）	抗拉强度/GPa	弹性模量/GPa	比强度10^6/cm	比模量10^5/cm
钢	7.8	1.03	210	1.3	2.1
铝	2.8	0.47	75	1.7	2.6
钛	4.5	0.96	114	2.1	2.5
碳纤维复合材料	2	1.06	40	5.3	2
碳纤维Ⅱ/环氧复合材料	1.45	1.50	140	10.3	9.7
碳纤维Ⅰ/环氧复合材料	1.6	1.07	240	6.7	15
有机纤维/环氧复合材料	1.4	1.40	80	1	5.7
硼纤维/环氧复合材料	2.1	1.38	210	6.6	10
硼纤维/环氧复合材料	2.65	1	200	3.8	7.5

在其他方面，如交通、建筑、造船、防腐、电子、军械、体育和农业及机械制造等领域。

6. 复合材料的切削加工

由于复合材料的比强度、比弹性模量比金属高许多倍，它的导热系数为金属的几十、几百分之一，它含有SiO_2、碳化硅、碳化硼及陶瓷等高硬度的纤维或颗粒，加剧了刀具的磨损，加上树脂较软耐热性差一些，切削速度高了易产生糊状。所以要求刀具材料和刀具几何参数相对合理，既要耐磨、锋利，又要散热条件好，才能有效地切断纤维，达到合理的刀具寿命。

（1）刀具材料。①硬质合金：YG类添加TaC或NbC超细颗粒硬质合金。②PCD和CVD刀具：它的硬度是硬质合金的4～6倍，有很高的耐磨性（是硬质合金的几百倍），由于它耐磨，可以保持锋利的刃口，有效地切断纤维，所以加工质量好。③PCBN刀具：它的硬度可达9 000HV，耐磨也极高。

（2）刀具几何参数。γ_0=0°～5°，α_0=10°～15°，κ_r=30°～60°，r_ε=0.4～1.2mm；螺纹刀具γ_p=15°～20°；钻头2ϕ=60°～80°。

（3）切削用量。高速钢刀具V_c=10～15m/min，硬质合金刀具V_c=40～80m/min，PCD、CVD、PCBN刀具V_c=150～200m/min，f、a_p无特殊要求。

（4）切削液。最好不使用切削液。MW

（收稿日期：20151228）