

高强镁合金的研制

发布日期： 2014 年 03 月 18 日 09:38 采编：www.cnfeol.com

镁合金是目前使用的最轻的金属结构材料，其密度为 1.74 g/cm^3 ，仅相当于铝的 $2/3$ ，钢的 $1/4$ 。同时镁合金还具有比强度高、比模量高、阻尼减振、电磁屏蔽、易于加工成形和容易回收等优点。目前镁合金已成为国防军事、航空航天、汽车、电子通信等工业领域的重要材料。例如，使用镁合金制造汽车零部件，不仅能够减轻汽车自身质量、降低油耗，而且有助于汽车减振，从而改善汽车的舒适性和安全性；在国防军工领域，降低结构质量意味着提高武器的射程和精度，也可以提高飞行器的机动性能，还可以降低能量消耗。随着我国大飞机、绕月、高速轨道交通、电动汽车等大型工程项目的启动，必然对镁合金有更大的期望，也提出了更高的要求。

然而，目前的镁合金绝对力学性能仍然偏低。高强镁合金的研制是当前材料科学的一个研究热点。

一、利用稀土提高镁合金强度。在镁合金中加入 Nd，能够提高合金的高温强度，并使铸件组织致密。研究表明， $\text{Mg-4.4Zn-1.2Nd-0.35Zr}$ 合金在低于 473 K 时有较高的抗拉强度，而 $\text{Mg-4.4Zn-2Nd-0.35Zr}$ 合金在高于 523 K 时显示出较高的抗拉强度。Gd 和 Y 具有良好的时效强化作用，添加 Gd 和 Y 能够明显提高镁合金的强度。将摩擦搅拌工艺引入 Mg-10Gd-3Y-0.5Zr 镁合金铸造，获得了显着的晶粒细化效果，最终获得了 439 MPa 的高强铸造镁合金。用传统的铸造挤压制备 $\text{Mg-10Gd-5.66Y-0.65Zr-1.6Zn}$ 合金，获得抗拉强度为 542 MPa 的超高强镁合金棒材。用传统热轧方法制备的 $\text{Mg-12Gd-1.9Y-0.69Zr}$ 合金和 Mg-17Gd-0.51Zr 合金，屈服强度都在 360 MPa 以上，抗拉强度都在 400 MPa 以上。

二、利用塑性变形提高镁合金性能。传统铸造镁合金组织都很粗大，力学性能较差。由于镁合金是六方结构，塑性变形能力较差，传统的单一的塑性变形方法难以进一步提高其力学性能。针对这一难点，采用大塑性变形技术，发挥其强烈的晶粒细化效果，可以直接将材料的内部组织细化到亚微米乃至纳米级。大塑性变形技术包括等通道转角挤压、累积叠轧等。采用大塑性变形制备的 Mg-Y-Zn 合金在 250°C 时获得抗拉强度为 400 MPa，屈服强度为 340 MPa，伸长率达 20% 的综合力学性能。结合两种或多种传统塑性变形工艺应用于镁合金是改善镁合金塑性变形能力，提高综合力学性能的又一思路。比如，结合挤压、冷轧和时效工艺研制出屈服强度为 445 MPa，抗拉强度为 482 MPa 的高强 Mg-14Gd-0.5Zr 镁合金薄板。中南大学结合锻造和轧制工艺研制了一种高强耐热

Mg-Gd-Y 系合金，利用多向锻造开坯，制备厚度为 30~80 mm 的厚板； 然后采取热轧方法，将厚板轧制成 2~10 mm 的薄板，最大总压下量达到 90% 以上； 轧制后经时效处理，室温时合金抗拉强度 ≥ 475 MPa，屈服强度 ≥ 440 MPa，伸长率 $\geq 3\%$ ； 250℃ 时抗拉强度 ≥ 330 MPa，伸长率 $\geq 12\%$ 。这种制备方法扩大了镁合金的应用范围，特别是能够满足航空航天工业上的应用。