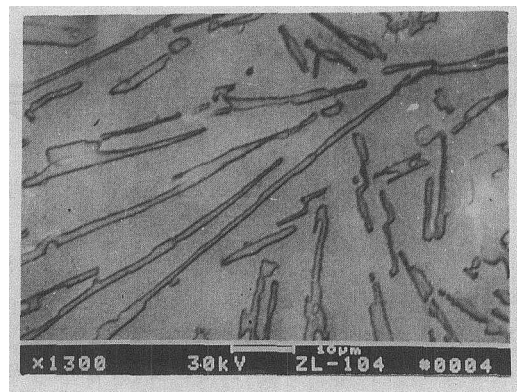


(a) 金相明视场照片 500×



(b) 二次电子象负象 1300×

图5 ZL104 铸铝显微组织 ( $\alpha$  (基) + 硅 (灰色针状)) 对比

(2) 扫描电镜在观察分析金相组织时,可以发挥其分辨本领高、放大倍数大并可连续变化等特点;但试验过程比光学金相复杂,且代价要高,只能在某些特殊需要的情况下应用。

(3) 用扫描电镜观察分析金相组织时,可利用其附属

设备 X 射线能谱仪或波谱仪定性或定量分析金相组织中相的成分。

(4) 扫描电镜分辨本领虽大大高于金相显微镜,但其灵敏度却比金相显微镜低。所以,在大多数情况下要采用深腐蚀来加大各相之间的高度差。

\* \* \* \* \*

## 起落架钢的发展

尽管未来飞机中金属总重量将明显减少,但可以预料钢的比例不会下降很多。普遍认为,大应力区和重载荷部位将继续依赖航空航天特种钢。从成本-效率角度分析,对于许多起关键作用的部件(如:起落架构件、操纵面传动装置以及发动机齿轮传动装置和传动轴)来说,钢继续是唯一的首选材料。

起落架钢制造中所采用的工艺方法不同于一般工业用钢。大多数起落架钢是采用二次重熔工艺制造,以防止有害的非金属夹杂和偏析的形成。该工艺既能细化组织又可提高韧性。

在美国一家特种钢制造厂(SES),其制造工艺是:采用超纯钢技术(UCSP)制成优质电极,随后在真空下电弧重熔(VAR),或在精炼炉渣或熔剂条件下电渣重熔(ESR)。

最初的熔炼在电弧炉中进行,随后在真空电弧除气炉(VAD)中精炼。电极的铸造采用特制的耐火材料和封闭式浇铸技术。SES 研究表明,原料电极的质量对于保证最后锻块具有最佳表面和最佳性能是非常重要的。专用的超声检验装置能够保证产品满足最严格的要求。

复合材料、非金属材料 and 陶瓷材料的缺点之一是成品检验比较困难。但是钢的受检能力明显优于复合材料,这是因为钢的质量可以依靠不同的检验方法进行检验。例如:在陶瓷材料中,引起失效的裂纹通常小于  $50\mu\text{m}$ ,因此用无损检验(NDT)技术难以发现。相比之下,用于飞机起落架的高强度钢,如 AMS6419 (即 300M 钢) 和 35NCD16,其断裂韧性值分别为  $55\text{MP}\sqrt{\text{m}}$  和

$80\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 。这些数值给出限定的缺陷尺寸约为 0.5mm 和 2.2mm,用精心研制的 NDT 技术是可以检验出来的。

下表列出起落架构件最常用的几种钢:

牌号	类 型	拉伸强度, MPa
AMS6419	$1\frac{3}{4}\% \text{NiSiCrMoV}$	1930
AMS6418	$1\frac{3}{4}\% \text{NiSiMnMoCr}$	1520
AMS6411	$1\frac{3}{4}\% \text{NiCrMo}$	1520
AMS6414	$1\frac{3}{4}\% \text{NiCrMo}$	1795
35NCD16	$4\% \text{NiCrMo}$	1850
DTD5212	$18\% \text{NiCrMo}$	1800
S98	$2\frac{1}{2}\% \text{NiCrMo}$	1200
S132	$3\% \text{CrMoV}$	1320

飞机制造厂希望减少飞机总重量,这意味着传统的重大部件,如起落架将成为主要研究对象。设计部门期望在减轻重量的同时获得更高的性能。为了减轻重量需要提高强度,但是同样重要的还包括同时改善韧性、耐热性和抗腐蚀性能。现代航空系统新的刹车设计方案是在突然中断起飞的情况下,对起落架构件施加较高的瞬变温度。事实上,可能遇到的高于热处理使用温度的这一瞬变温度,有可能危及部件在通常环境温度下继续安全使用。

为防止这种不测事件的发生,通常的补救办法是检查可疑的部件并进行必要的更换。然而,SES 将把此项研究工作引向研制能承受这一瞬变温度而不影响其性能的材料,从而增加一个额外的安全系数。

尽管特种钢作为起落架构件的主要材料的地位无可争议,但 SES 已认识到迫切需要继续前进一步。航空航天工业作为一个整体,要求设计部门和钢的制造厂更好的紧密合作,研制出最佳的合金来。

(钱军)