

# ◆◆◆◆ 含锆铸造镁合金中的夹砂 ◆◆◆◆

## 张 绍 兴    朱 德 云

含锆铸造镁合金铸件在X光透视时,底片上经常发现白色斑点。为了弄清其性质、成因及对拉伸性能的影响,曾进行了一些研究,发现这些白色斑点包括了几种不同性质的缺陷,其中一种是和液体镁发生了局部反应的砂粒即夹砂。这种夹砂在X光透视时是可以识别的,在金相检查时也能够判明,而且并非含锆合金所特有,在Mg-Al-Zn系合金中往往也存在着,只是在X光透视时不易发现。

### 1. 缺陷特征

缺陷在X光底片上一般呈现出轮廓清晰的单个白色小圆点,中心较暗,如图1所示。由于合金中含有锆,有的还含有稀土金属,这两种元素对X光的吸收系数均较镁为大;它们又都是表面活性物质,有聚集于两相界面的趋势,因而夹砂周围常有一圈富锆、富稀土的小质点,使其在X光底片上呈现一圆亮点。这也是X光检查时,含锆合金中的夹砂能被发现而在Mg-Al-Zn系合金中难以发现的原因。

经X光透视发现的缺陷,用以磨制金相试样,这种缺陷经粗磨暴露后,肉眼即可看出,

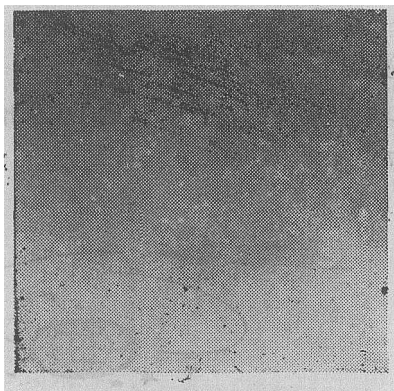
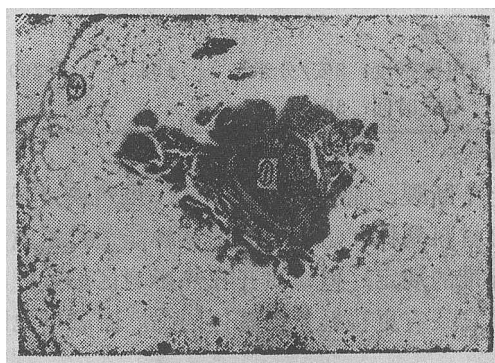


图 1 夹砂在X光底片上的图象

不经腐蚀就可以在显微镜下观察缺陷的全部形貌,见图2。



a. ×70



b. a图局部放大 ×340

图 2 夹砂的金相照片 未腐蚀

经电子探针分析,图2a的中心①是未反应的砂粒( $\text{SiO}_2$ ),②是砂粒与镁液反应生成的MgO和 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 交替层 $4\text{Mg} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Mg}_2\text{Si} + 2\text{MgO}$ ,层状物碎块之间的灰色块状物③是富硅成分,远离中心区是一些密集的小质点④组成的球形外壳,这些是富锆、富稀土质点(如果在合金中含有稀土金属的话)。

在金相检查中,MgO和 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 交替层是夹

砂的重要标志。通过它可以识别这一缺陷。

2. 夹砂对拉伸性能的影响

从含夹砂的铸件及人造夹砂的试件上切取试样进行拉伸试验，结果见下表。

夹砂对拉伸性能的影响

| 合金及其状态    | 来样单位或炉号 | $\sigma_b$<br>公斤/毫米 <sup>2</sup> |      |      | 夹砂在X光底片上的尺寸<br>毫米                                   |
|-----------|---------|----------------------------------|------|------|---|
|           |         | 试样数量                             | 平均值  | 航标要求 |   |
| ZM1<br>T1 | 二二一厂    | 5                                | 26.6 | 21   | 无夹砂，有其它夹杂<br>$\phi 1\sim 2$                         |
|           |         | 3                                | 25.3 |      |   |
|           | 五一四厂    | 6                                | 26.2 |      | 无缺陷<br>$\phi 0.5\sim 0.8$<br>$\phi 1\sim 1.5$       |
|           |         | 5                                | 25.6 |      |   |
|           | 某机场     | 4                                | 23.7 |      | 无夹砂，有其它夹杂<br>$\phi 0.3\sim 0.9$<br>$\phi 1\sim 1.5$ |
|           |         | 4                                | 25.4 |      |   |
|           |         | 6                                | 25.1 |      |   |
|           |         | 4                                | 23.2 |      |   |
| ZM3<br>T2 | 016*    | 4                                | 11.6 | 10.5 | $\phi 0.5\sim 1$<br>成团的砂粒                           |
|           |         | 4                                | 10.2 |      |   |

\* 试棒从30毫米厚的试板上切取。

从表中可见，夹砂降低拉伸性能的程度随缺陷尺寸的增大而增大。但这种缺陷由于其形状有利，与基体的冶金结合牢固，缺陷本身具有一定强度等原因，使强度的降低不是很大。除了成团的夹砂以外，均能满足航标的要求。

B·Lagowski认为，该缺陷在QE-22、ZE 41、ZE63等合金中可按ASTM E155参考图片4、5级验收，但在承受弯曲特别是疲劳应力时，则验收标准要提高。

3. 含有夹砂的铸件使用情况

我国一种飞机轮毂ZM1镁铸件，内有较重之夹砂（见图3）。该轮毂经过若干起落飞行后，在轮辐减轻孔转角处出现裂纹，但夹砂处未发现任何开裂现象。

所收集到的国外同类合金，如英国斯贝发动机之ZRE1镁铸件，达特发动机之ZRE1镁铸件，美国J34-WE-36发动机之EK30A镁铸件，J69-T-29发动机之EZ33A镁铸件等均含

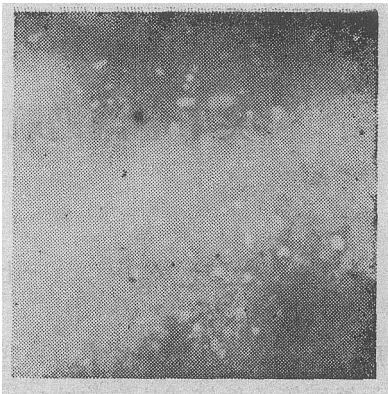


图3 轮毂X光底片上呈现的夹砂缺陷

有程度不同的夹砂，有的还很严重。

由此可见，夹砂不能按一般的氧化夹杂或孔洞类缺陷处理。铸件含有一定程度的夹砂仍是可以使用的。

4. 夹砂的成因及克服

为探索夹砂的成因，曾采用多种方法均未获得成功。最后在底注式的圆柱形铸件中得到较多的夹砂。而在圆柱底部铸型上放置石棉板，将金属液直接浇入型腔底部的石棉板上，所得夹砂就极少。在30毫米厚的垂直浇注的试板中也能得到较多的夹砂。

从试验结果可以看出：砂粒进入铸件是由于金属液流对铸型冲刷的结果，尤其是对直浇道底部的冲刷。被冲刷下来的砂粒随同液流进入型腔和金属反应而形成夹砂。同时和型腔内的金属紊流密切相关。

这种夹砂多集中于圆柱体的下部，可能是比重差引起的。

为了克服夹砂，应合理设计浇注系统，以减少冲刷及紊流。另外，提高铸型表面强度的任何方法也都有利于克服夹砂。

5. 结论

(1) 夹砂是进入镁液中的砂粒和金属液部分反应而形成的一种铸造缺陷。(2) 夹砂在X光底片和金属相上均有它自己的特征，可以识别。(3) 夹砂降低拉伸性能，但影响不大。(4) 可以在工艺上采取措施以减少夹砂。