

# 蠕墨铸铁 - 蠕墨铸铁材料数据

## 蠕墨铸铁

蠕墨铸铁(CGI)中的石墨呈现为单独的‘蠕虫状’颗粒。正如在灰铁中一样,这些石墨颗粒是任意排列的长条状的,但是长度较短,厚度较厚,并且边缘也比较圆。虽然在二维平面观察时这些颗粒呈现蠕虫状,但是经深腐蚀在扫描电镜下,这些单独的‘蠕虫’在共晶团内是与其近邻的石墨互相连接的。这些复杂的,珊瑚状的石墨形貌再加上不平整的表面和圆的边缘,使得石墨与铸铁基体之间有较强的结合力。这种蠕虫状石墨形貌阻止了裂纹的萌生和扩展。这就是为什么蠕墨铸铁比灰铸铁具有优良力学性能的原因。

蠕墨铸铁国际标准ISO16112有5个牌号的蠕墨铸铁,从强度最低的300MPa到最高的500MPa (GJV 300至GJV500),对每一个牌号,石墨组织都要求蠕化率>80%。珠光体含量可以根据应用加以选择,牌号GJV300为铁素体基体,GJV500为全部珠光体基体。与灰铁和球铁一样,可以在蠕墨铸铁中加入特殊合金元素提高其高温强度,耐磨性或其它性能。蠕墨铸铁也可以进行各种热处理,包括等温淬火。蠕墨铸铁的典型化学成分范围列在下面。蠕墨铸铁的化学成分根据机械性能的需要来选择。

## 蠕化率>80%的蠕墨铸铁的化学成分

| 牌号      | 珠光体(%) | 化学成分 (%) |         |         |         |             |             |           |         |           |
|---------|--------|----------|---------|---------|---------|-------------|-------------|-----------|---------|-----------|
|         |        | C        | Si      | CE      | Mn      | S           | Mg          | CeMM      | Cu      | Sn        |
| GJV 400 | ~ 70   | 3.6-3.8  | 2.1-2.5 | 4.4-4.7 | 0.2-0.4 | 0.005-0.022 | 0.006-0.014 | 0.01-0.03 | 0.3-0.6 | 0.03-0.05 |
| GJV 450 | > 90   | 3.6-3.8  | 2.1-2.5 | 4.4-4.7 | 0.2-0.4 | 0.005-0.022 | 0.006-0.014 | 0.01-0.03 | 0.7-1.0 | 0.08-0.10 |

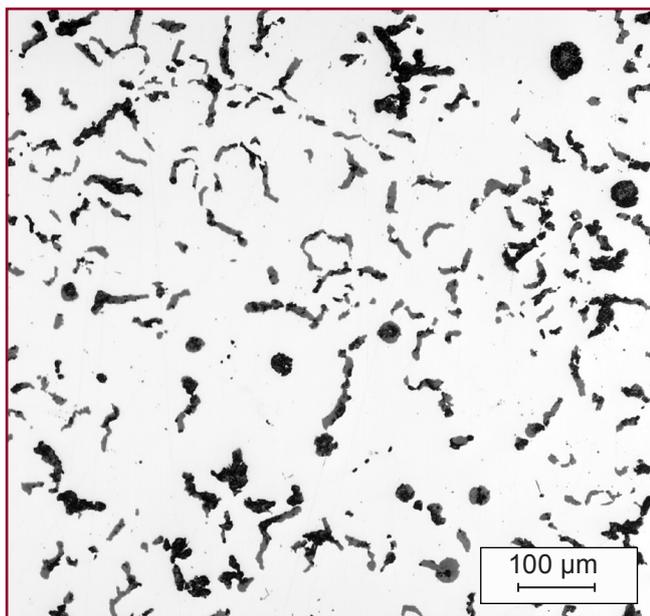


图1: 蠕化率90%的蠕墨铸铁的微观结构

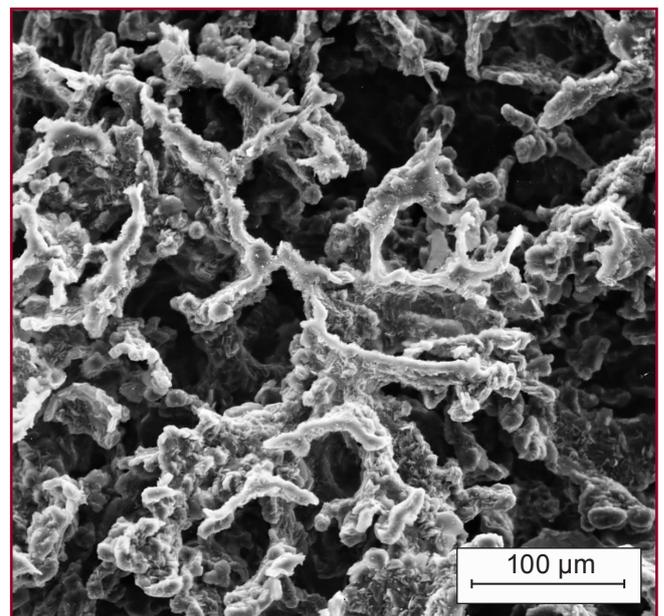


图2: 深腐蚀后在扫描电镜下显示了复杂的三维珊瑚状石墨。

## 蠕化率90%的蠕墨铸铁的力学和物理性能 - ISO16112

| 性能               | 测试方法  | 温度 (°C)          | GJV 400                             | GJV 450                             |
|------------------|---|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 珠光体含量(%)         |   |                  | ~ 70                                | > 90                                |
| 抗拉强度 (MPa)       | ASTME 8M (25°C)<br>ASTME 21 (100°C & 300°C) | 25<br>100<br>400 | 400-475<br>375-450<br>300-375       | 450-525<br>425-500<br>350-425       |
| 0.2%屈服强度 (MPa)   | ASTME 8M (25°C)<br>ASTME 21 (100°C & 300°C) | 25<br>100<br>400 | 280-330<br>255-305<br>230-280       | 315-365<br>290-340<br>265-315       |
| 弹性模量 (GPa)       | ASTME 8M (25°C)<br>ASTME 21 (100°C & 300°C) | 25<br>100<br>400 | 140-150<br>135-145<br>130-140       | 145-155<br>140-150<br>135-145       |
| 延伸率 (%)          | ASTME 8M (25°C)<br>ASTME 21 (100°C & 300°C) | 25<br>100<br>400 | 1.0-3.5<br>1.0-3.0<br>1.0-2.5       | 1.0-2.5<br>1.0-2.0<br>0.5-1.5       |
| 持久比 (疲劳极限/UTS)   | 扭转-弯曲<br>拉伸-压缩<br>3点弯曲                      | 25<br>25<br>25   | 0.45-0.50<br>0.25-0.35<br>0.60-0.70 | 0.45-0.50<br>0.25-0.35<br>0.60-0.70 |
| 导热系数 (W/m-K)     | 轴向热流<br>ASTME 1225                          | 25<br>100<br>400 | 39<br>39<br>38                      | 38<br>37<br>36                      |
| 热膨胀系数(μm/m-K)    | 推杆式膨胀仪<br>DIN 51 045                        | 100<br>400       | 11.0<br>12.5                        | 11.0<br>12.5                        |
| 泊松比              | ASTME 132                                   | 25<br>100<br>400 | 0.26<br>0.26<br>0.27                | 0.26<br>0.26<br>0.27                |
| 0.2%抗压屈服强度 (MPa) | ASTME 9(中等长度)                               | 25<br>400        | 380-420<br>280-320                  | 410-440<br>350-390                  |
| 疲劳强度降低指数         | 取决于沟槽的几何形状                                  | 25               | 1.20-1.60                           | 1.20-1.60                           |
| 密度 (g/cc)        | 排量 (725x5x5) mm                             | 25               | 7.0-7.1                             | 7.0-7.2                             |
| 布氏硬度 (BHN)       | 10mm直径, 3000kg负载                            | 25               | 183-235                             | 207-255                             |

### 壁厚的影响

高的冷却速度有利于形成球状石墨颗粒和细的珠光体, 提高机械性能。根据零件尺寸和重量以及浇口安置位置的不同, 厚壁(>6mm) 处蠕化率为90%的蠕墨铸铁在薄壁处 (<4mm) 处蠕化率有可能为40%。在气缸体这样的零件中, 加强筋, 水套和曲轴箱等薄壁处较低的蠕化率造成较高的强度和刚度, 这对产品是有利的。因为这些薄壁区域不是热负荷区或者机加工量大的部分。设计工程师就可以利用这些优点以改善使用性能, 提高耐久性和降低噪声, 震动和不平顺性 (NVH)。

### 蠕墨铸铁国际标准牌号ISO GJV 450的典型性能与球化率的关系

| 性能(25°C)                | %球化率 |      |      |      |      |
|-------------------------|------|------|------|------|------|
|                         | 10   | 30   | 50   | 70   | 90   |
| 抗拉强度 (MPa)              | 465  | 520  | 590  | 640  | 700  |
| 0.2%屈服强度 (MPa)          | 350  | 370  | 390  | 420  | 470  |
| 扭转弯曲疲劳极限(MPa)           | 210  | 220  | 230  | 240  | 255  |
| 弹性模量 (GPa)              | 145  | 150  | 155  | 155  | 160  |
| 延伸率 (%)                 | 1-2  | 1-3  | 2-4  | 2-5  | 3-6  |
| 热膨胀系数(at 100 C, μm/m-K) | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.5 | 12.0 |
| 导热系数 (W/m-K)            | 36   | 33   | 31   | 28   | 25   |