

# 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。

## 部分蠕化率>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

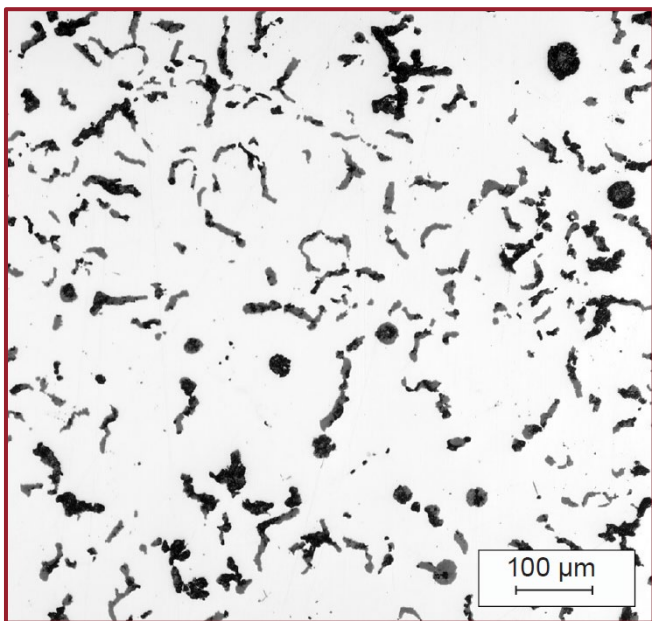


图 1: 蠕化率 90%的蠕墨铸铁的微观结构

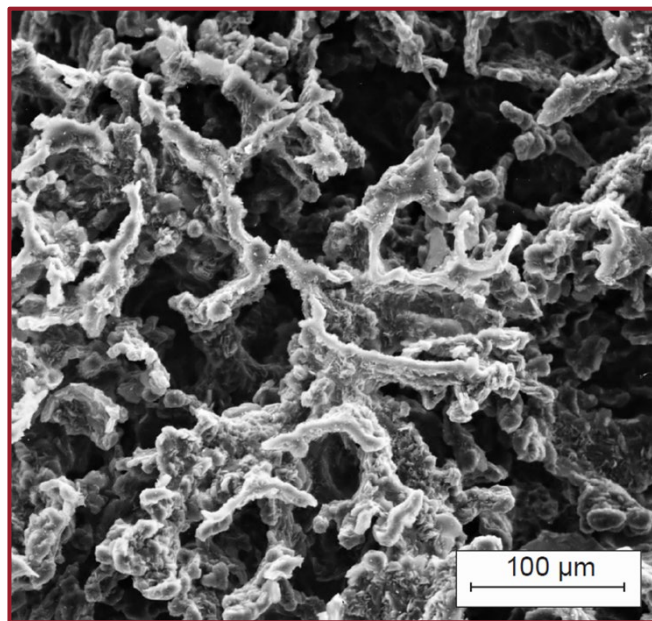


图 2: 深腐蚀后在扫描电镜下显示了复杂的三维珊瑚状石墨

## 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)	25	400–475	450–525
	ASTME 21 (100°C & 300°C)	100	375–450	425–500
		400	300–375	350–425
0.2% 屈服强度 (MPa)	ASTME 8M (25°C)	25	280–330	315–365
	ASTME 21 (100°C & 300°C)	100	255–305	290–340
		400	230–280	265–315
弹性模量 (GPa)	ASTME 8M (25°C)	25	140–150	145–155
	ASTME 21 (100°C & 300°C)	100	135–145	140–150
		400	130–140	135–145
延伸率 (%)	ASTME 8M (25°C)	25	1.0–3.5	1.0–2.5
	ASTME 21 (100°C & 300°C)	100	1.0–3.0	1.0–2.0
		400	1.0–2.5	0.5–1.5
持久比 (疲劳极限/UTS)	扭转-弯曲	25	0.45–0.50	0.45–0.50
	拉伸-压缩	25	0.25–0.35	0.25–0.35
	3点弯曲	25	0.60–0.70	0.60–0.70
导热系数 (W/m-K)	轴向热流	25	39	38
	ASTME 1225	100	39	37
		400	38	36
热膨胀系数 (µm/m-K)	推杆式膨胀仪	100	11.0	11.0
	DIN 51 045	400	12.5	12.5
泊松比	ASTME 132	25	0.26	0.26
		100	0.26	0.26
		400	0.27	0.27
0.2% 抗压屈服强度 (MPa)	ASTME 9 (中等长度)	25	380–420	410–440
		400	280–320	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 (750 x 25 x 25) mm	25	7.0–7.1	7.0–7.2
布氏硬度 (BHN)	10 mm 直径, 3000 kg 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)。

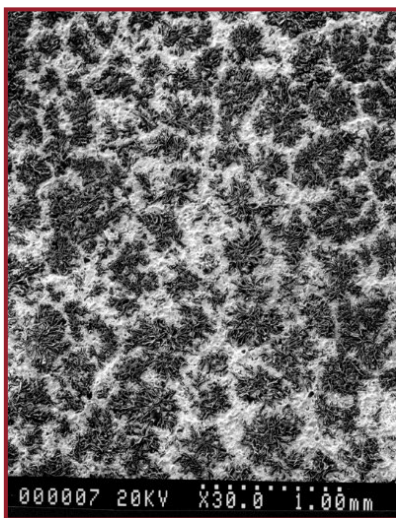


Figure 3: Faster cooling rates result in smaller eutectic cells with more grain boundaries

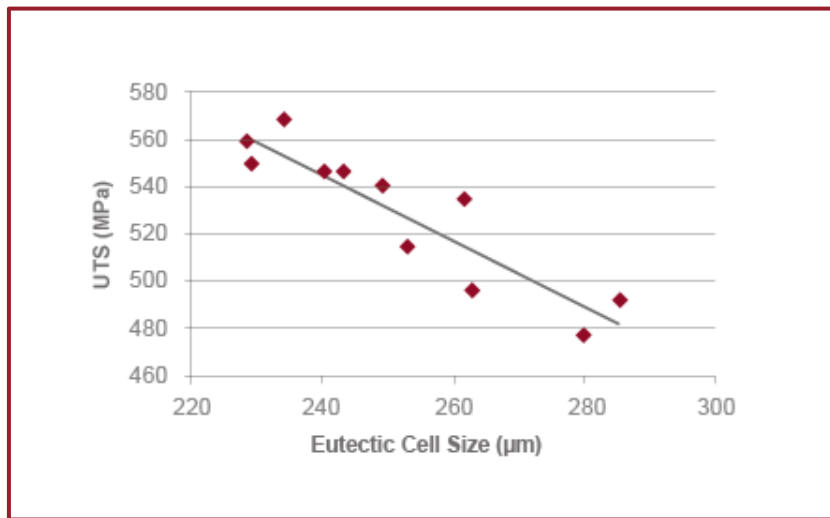


Figure 4: Tensile strength increases as the eutectic cell size decreases