

## 常见铸铁的关键焊接特性



铸铁是指碳的质量分数大于 2.11% 的铁碳合金。其中通常还含有一定量的 Si、Mn 等合金元素，并含有一定量的 S、P 等杂质元素。工业上常用铸铁化学成分（质量分数）大致为：C2.5%~4.0%；Si1.0%~3.0%；Mn0.3%~1.5%；S0.02%~0.2%；P0.02%~0.2%。在一些具有特殊用途的铸铁中，还可能含有 Cr、Mo、V、W、Cu、Al 等合金元素。

铸铁通常按照碳在铸铁中分布形态分类，一般可分为白口铸铁、灰铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁和可锻铸铁。

### 一、什么是灰铸铁？其组织与性能有什么特点？焊接时易于出现哪些问题？

灰铸铁中碳的质量分数通常为 2.8%~3.6%，且以片状石墨的形态存在。灰铸铁几乎没有塑性及韧性。其抗拉强度也不高，一般均低于 400MPa。但其却有优良的工艺性能，如良好的切削加工性、良好的耐磨性、减震性和较低的缺口敏感性等，加之价格低廉，因此被广泛应用于工业生产中，主要用于各种机床床身、箱体、壳体和导轨、缸体等。

在灰铸铁的显微组织中，除片状石墨外，基体组织一般为铁素体、铁素体+珠光体和珠光体三种。灰铸铁的力学性能主要取决于基体；其中铁素体基体的灰铸铁的强度、硬度和耐磨性较低，但塑性较好；珠光体基体的灰铸铁的强度、硬度较高，耐磨性较好，但塑性较差。铁素体+珠光体基体的灰铸铁的性能介于两者之间。

灰铸铁焊接时的主要问题是白口问题和裂纹问题。

#### (1) 白口问题

在一般焊接条件下，由于焊缝及热影响区的冷却速度极快，如果焊缝金属与母材为相同成分，则焊缝组织往往会形成大量的共晶渗碳体和二次渗碳体。这时的焊缝组织相当于白口铁的组织形态，故称之为白口组织。而热影响区由于冷却速度常常高于焊缝，则更易于形成白口组织。这种白口组织的出现，经常会导致焊缝及热影响区出现焊接裂纹。而且，由于硬脆的渗碳体的存在，使焊缝附近很难进行机械加工和切削加工。

## (2) 裂纹问题

在灰铸铁焊接时，由于片状石墨的存在，其尖端相当于先天的裂纹源。而基体中由于大量淬硬组织的存在，塑性和韧性很差，裂纹很容易发生扩展。即使焊缝中没有淬硬组织存在时，在焊接拘束度较大时，由于片状石墨基本上没有强度，石墨片尖端和两侧也可能由于应力的作用而出现裂纹。这种裂纹一般发生在 400℃ 以下，称为淬硬脆化裂纹，属于冷裂纹的一种。在铸铁焊接时，这种裂纹极易出现，甚至在焊接时就能听到开裂的声音。该种裂纹一般为横向裂纹，有时可扩展到整个焊缝截面。

除上述问题外，在灰铸铁焊接时，焊缝中还可能出现大量的马氏体等淬硬组织，促进裂纹的产生，并使得焊缝附近的加工性能变差。

### 二、什么是球墨铸铁？其组织与性能有什么特点？焊接时易于出现哪些问题？

球墨铸铁中的石墨以球状存在，均匀地分布于基体之上。其基体通常为铁素体、珠光体或两者的混合组织。通过石墨形状的改善和基体组织的调整，其抗拉强度一般在 400~800MPa，同时塑性和韧性也能较明显地得到改善。一般铁素体基体的球墨铸铁的抗拉强度在 400MPa 左右，伸长率可达 10%~17%。铁素体-珠光体基体的球墨铸铁的抗拉强度在 500MPa 左右，伸长率在 5% 左右。而珠光体基体的球墨铸铁的抗拉强度在 600~800MPa，伸长率仅为 2% 左右。此外，还有以下贝氏体为基体的球墨铸铁，其抗拉强度可达 1200MPa，但伸长率很低，通常都低于 1%。

由于球墨铸铁具有许多优良性能，因此也得到了较为广泛的应用。可以成功地代替可锻铸铁、铸钢和锻钢，用来制造大量的零部件，特别是比较大型的零部件。球墨铸铁的不同基体组织可以通过工艺措施在浇注后直接获得，也可以通过热处理获得。可以通过退火、正火、调质、等温淬火等热处理工艺，获得不同的基体组织。特别值得提到的是通过 300~400℃ 的等温盐浴淬火，可以获得以奥氏体+贝氏体为基体的球墨铸铁，称为奥-贝球铁，其抗拉强度可达 800~1000MPa，同时伸长率最高可达 10% 左右。是一种很有应用前景的工程材料。目前，在美国、德国、英国、芬兰等国都已得到了较为广泛的应用，并制订了相应的国家标准。在我国尽管尚未制订有关的标准，但该种材料也已在工程中得到了应用。

由于球墨铸铁中石墨是以球状存在，其缺口效应明显地降低。在焊接时，焊接裂纹敏感性也相应地减小。但是，由于焊接时冷却速度很快，其白口倾向和裂纹倾向仍然是很大的，必须采用特殊措施予以防止。

球墨铸铁焊接时，另一个难以解决的是焊缝金属中石墨的球化问题。由于铸造时通常是以镁和稀土作为球化剂的，焊接时，即使焊缝金属与母材的材质基本相同，由于焊接电弧温度很高，这些球化剂极易被烧损。另外，焊接时冷却速度又很快，因此焊缝中很难保证石墨以球状析出。通常石墨都是以片状析出（指在控制不出现渗碳体的情况下），这使得焊缝金属的性能就不能保证与母材相同，一般都会导致力学性能的下降。这也是球墨铸铁焊接时必须解决的一个问题。

### 三、什么是可锻铸铁？其组织与性能有什么特点？焊接时易于出现哪些问题？

可锻铸铁是由白口铸铁经过长时间石墨化退火而得到的一种高强度铸铁，其中的石墨呈团絮状。可锻铸铁的抗拉强度在 300~700MPa 之间。可锻铸铁的生产必须分为两个步骤：首先浇注成白口铸铁，然后将铸件加热到 900~950℃，

在此温度下经过长时间的保温，使组织中的渗碳体分解为奥氏体和团絮状石墨。此后，在冷却的过程中，根据冷却速度的不同，奥氏体又转变为铁素体或珠光体。同时，又有一部分二次石墨析出。由于可锻铸铁的石墨呈团絮状，与片状石墨相比对基体的割裂作用小，应力集中将明显地减小。另外，可锻铸铁的强度、塑性和韧性一般都高于灰铸铁。

在可锻铸铁的焊接过程中，很容易形成白口组织。这是由于可锻铸铁中碳、硅含量较低（ $w_c 2.2\% \sim 2.8\%$ ， $w_{Si} 1.2\% \sim 2.0\%$ ），在焊接时因冷却速度很快，很难防止热影响区析出渗碳体。

焊接可锻铸铁时，焊缝金属的成分不能采用与母材相近的成分，否则很难防止白口组织的形成。另外，在选用焊接材料时，一定要考虑焊缝与母材的等强度问题。此外，焊接可锻铸铁时，同样也要防止焊接裂纹的出现。

由于受可锻铸铁成分的限制，其焊接的难度一般要大于球墨铸铁的焊接，因此，通常不推荐用焊接方法来修复损坏的可锻铸铁件。但是，如果采用适当的工艺措施，还是可以满意而且经济地焊接可锻铸铁件的。

来源：摘自网络