

高锰钢铸件生产过程中常见缺陷分析及相关预防措施

曹菊艳, 李杨, 李志翔

高锰钢铸件如格子、衬板、斗齿等在实际工况条件下的破坏多由缩孔、缩松、疏松叠加产生气缩松脆断所致。因此,要预防和消除高锰钢铸件的缺陷,提高成品率,就必须对铸造生产中包括铸造工艺设计、造型材料、合金成分控制、熔炼、浇注、打箱清理和热处理等各个工序进行严格规范,注意各个生产环节及工艺细节,才能达到预防或消除铸件缺陷的目的。

1. 常见缺陷产生原因

(1) 粘砂产生原因 造型时铸件紧实度不够,砂型表面粗糙,涂料质量低劣等,使钢液浸入砂粒之间的空隙,将砂粒嵌附于铸件上形成机械粘砂。另外,由于钢中含有较多的碱性氧化物 MnO ,而制作型芯的材料是硅砂,则 MnO 与型砂中的 SiO_2 发生化学反应,生成 $MnO \cdot SiO_2$ 低熔点化合物,从而产生化学粘砂。

(2) 气孔产生原因 ①造型材料方面:与铸件产生气孔有密切的关系,如加入的粘土过量或混砂工艺不当,一方面降低了型芯砂的透气性,另一方面混合不均的小粘土块与钢液接触时会产生大量的气体而进入铸件。

②型芯干燥方面:砂型、砂芯没有烘干,未干透的铸型进行热型合箱,且合型后铸型放置的时间过长,不能及时浇注等,会使铸件产生气孔。③铸造工艺及浇注方面:浇注系统设计不合理,钢液进入铸型不平稳,会卷入气体而在铸件中产生气孔。浇注速度太快,铸型中气体来不及排出,从而侵入铸件中形成气孔。

(3) 晶粒粗大产生原因 高锰钢热导率低使得钢液凝固缓慢,一般凝固方式由树枝状向糊状凝固方式转变。凝固过程中热量散失较慢,树枝晶长得很粗大,容易长成条形柱状晶,使塑性和冲击韧度急剧下降,脆性增加。

(4) 裂纹产生原因 ①工艺方面:铸件生产是一个复杂的过程,每个环节的控制都至关重要,浇冒口开设不当,不仅会影响到铸件的凝固方式和顺序,甚至会在铸件内诱发热应力,致使铸件开裂。打箱搬运过程中的碰撞或激冷所导致的热应力,也会使铸态组织为奥氏体和碳化物的高锰钢开裂。②化学成分方面:生产实践验证,C、P超标是造成铸件水韧处理时碎裂的主要原

因。P是钢中的有害元素,P易偏聚在奥氏体晶界,导致晶界结合力急剧下降,引起晶界脆化。高锰钢含碳量高,奥氏体中碳含量越高,则P的溶解度越低,会加剧P在晶界偏析,导致铸件在凝固后期以磷共晶的形式析出。而磷共晶熔点低,脆性大,服役时在外力作用下于磷共晶区域形成裂纹源。当高锰钢中 $Mn/C < 8$ 时,经过常规水韧处理后,在晶界上会出现网状碳化物和过量残留碳化物,铸件强度、韧性和塑性降低,钢质变脆。③热处理方面:高锰钢ZGMn13-1热导率仅有普通碳钢的 $1/4 \sim 1/3$,热膨胀系数则是普通碳钢的2倍,因此在水韧处理加热过程中如果没有正确掌握铸件的升温速度,也会导致铸件产生裂纹。

2. 常见缺陷预防措施

(1) 粘砂预防措施 ①采用金属模板和标准型砂箱造型,提高砂型的紧实度和尺寸精度,面砂采用较细砂粒的型砂,以减少砂粒间的孔隙,孔芯采用镁砂砖芯。②铸型涂料以碱性镁橄榄石粉涂料取代白泥涂料,并控制涂料涂刷厚度 $\leq 1mm$,且不形成堆积。

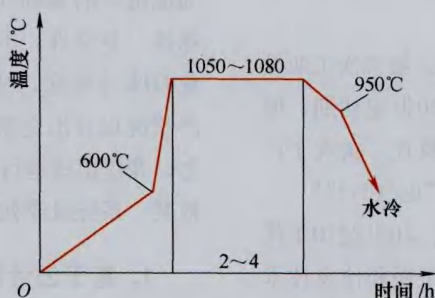
(2) 气孔预防措施 ①合理设计浇注系统, 采用开放式浇注系统, 即 $\Sigma F_{内} > \Sigma F_{横} > \Sigma F_{直}$, 使钢液能均匀平稳地充满铸型, 避免钢液氧化与卷气。采用 $\Sigma F_{直} : \Sigma F_{横} : \Sigma F_{内} = 1 : (1 \sim 1.1) : (1 \sim 1.4)$ 开放式浇注系统, 直浇道尺寸按现场浇包注口尺寸确定。②严格控制造型材料的含水量、发气量、透气性, 以及砂型、砂芯烘干程度, 确保型芯通气顺畅, 多扎出气孔, 有利于气体的顺利排出。③钢液出炉后存在一定的镇静时间, 有利于钢液中气体的上浮, 具体镇静时间见附表。

(3) 晶粒粗大缺陷预防措施 ①钢液终脱氧时, 适当增加终脱氧剂Al量, 一般Al用量是钢液总量的0.1%, 为了提高钢液中Al的残余量($w_{Al} > 0.08\%$), 使Al与钢中的磷形成高熔点的Al-P化合物, 成为形核核心, 以细化晶粒, 并降低钢液中不利形态的磷量, 可将Al用量增加到钢液总量的0.2%。②合理控制浇注温度。实践证明, 钢的晶粒大小与浇注温度密切相关, 浇注温度高时, 钢液蓄热量多, 凝固速度慢, 结晶后晶粒粗大, 因此高锰钢应采用低温浇注工艺(1360~1420℃)。

(4) 裂纹预防措施 ①设计铸造工艺时留较小的加工余量, 一般为3~5mm, 较大件也不超过10mm。铸件外形采用负公差, 孔槽采用正公差, 尽量放置易割冒口片, 浇道分散放置。②浇注后按1min/5mm壁厚计算时间并及时松箱。③严格控制打箱时间, 不得将铸件放在风

口处, 搬运过程中尽量避免碰撞, 严禁浇水, 以防激冷形成的应力使铸件开裂。易割冒口片可在打箱后($>400^{\circ}\text{C}$)的情况下用气割热切割。④铸件入炉前, 将浇冒口系统和飞翅、毛刺用锤敲掉, 孔的薄膜也要撞掉, 如果过厚最好用砂轮机割掉, 而不用气割。如果气割也要保留足够的余量, 保留余量在水韧处理后埋在水中切割。⑤严格控制水韧加热速度和出炉时间。铸件从常温加热到600℃的过程中, 由于铸态组织中存在碳化物, 钢的强度低、脆性大, 且其导热差, 线收缩大, 内应力大, 所以加热速度要视铸件的壁厚和复杂程度而定。薄壁($<25\text{mm}$)铸件可采用70℃/h的加热速度; 中等壁厚(25~50mm)可采用50℃/h的加

热速度; 厚壁铸件($>75\text{mm}$)和复杂铸件可采用30~50℃/h的加热速度, 待温度升到600℃以上, 钢的韧性有所提高, 开裂危险性减小, 铸件的加热速度可升至100~150℃/h, 直至固溶温度。铸件的保温时间一般为2~4h, 也可按(1h/25mm壁厚计算), 以防止或降低碳化物再次析出的可能性。保温后应将铸件迅速从炉中拉出投入水中, 从打开炉门到将铸件完全投入水中的时间不得大于2min, 越短越好, 以保证铸件水冷温度不低于950℃, 参考工艺规范如附图所示。水温控制在10~30℃为宜, 水冷终了水温不得大于60℃, 以免碳化物再次析出。若生产批量大, 为防止水温升高, 可在水槽内加入干冰降温。



水韧处理工艺图

出钢液结膜时间与镇静时间的关系

结膜时间/s	<11	12~14	15~18	18~22	23~25	25~30
镇静时间/s	0	2~3	3~8	8~14	14~18	18~22

作者简介: 曹菊艳、李杨、李志翔, 陕西华县金堆城钼业集团有限公司机修厂。

MW 20151218