

高线硬质合金辊环裂纹原因及控制

刘作敏

(浙江杭钢高速线材有限公司 杭州 310022)

摘要:结合高线厂生产实践,分析生产过程中硬质合金辊环产生裂纹的原因,并提出相应的控制措施,保证生产过程的顺利进行。

关键词:硬质合金;辊环;热裂纹;分析;控制

0 前言

杭钢高线是一条具有世界先进水平的生产线,全线共有30架轧机。其中15架至30架采用美国摩根公司45度顶交辊环轧机,轧制规格从 $\Phi 5.5$ 至 $\Phi 20$ 。轧制规格不同所使用的硬质合金辊环外形尺寸和孔槽也不同。在生产轧制中辊环换孔槽和换规格只能停机,辊环全部下线后重新装配完成后才能使用,需配备大量的辊环,辊环加工的质量和进度直接影响成品的质量和产量。

1 存在的问题

在生产轧制中经常发现辊环的孔槽有裂纹,极易产生裂辊,由于摩根轧机的工艺特性,对不同机组和配对辊环的直径要符合编组规定,其中一片辊环出现问题,必须整组辊环更换,造成孔槽轧制吨位提不高,停机更换辊环次数增加,加工紧张和配辊难等一系列的问题。

2 裂纹的原因分析

硬质合金辊环具有良好的耐磨性、高温红硬性,耐热疲劳性和热传导性以及较高强度的特点,是高速线材轧制生产的关键部件。硬质合金辊环主要用于高速线材轧机的预精轧机组、精轧机组、减定径机组,起到减小轧件面积和提高轧件材质性能的作用。硬质合金辊环是由坚硬碳化钨颗粒(硬质相,亦称 α 相)与金属粘结剂(粘结相,亦称 β 相,通常为钴等)组成的高强度、高耐磨性的工具材料,有时在粘结相中加入一些镍,铬等以获得相应的性能(如:耐腐蚀)。硬质合金的性能与粘结相金属的

含量和碳化钨颗粒度的大小有关。不同的粘结剂含量与不同的碳化钨颗粒,形成不同的硬质合金牌号。减少金属粘结剂含量或减小碳化钨的颗粒度,则硬质合金的硬度提高,而韧性降低,反之亦然。碳化钨在硬质合金中约占总质量的70%~97%之间,其平均粒度在0.2~14微米之间。硬质合金的维氏硬度范围含盖了工具钢的700HV以上,最高达到2,000HV。当温度升高时,硬度会因塑性增大而降低。从使用角度看,硬质合金辊环具有良好的综合力学性能,其抗弯强度可达2200MPa以上,冲击韧性可达 $(4\sim 6)\times 10^5\text{J/m}^2$,洛氏硬度(HRA)可达78~90。

轧制过程中,热轧件与轧槽表面接触,使辊环表面温度升高,这部分金属要产生膨胀,而辊环深层的金属温度由于温度升高较小,就会对辊环表面金属产生压应力;反之,当辊环表层被冷却水急冷后,表层金属收缩,而深层金属收缩不如表层金属大,就会对表层金属产生一个拉应力,这种反复的交变热应力极易产生热疲劳裂纹,造成辊环槽底出现微裂纹(见图1)。



图1 槽底微裂纹

若未及时换辊,微裂纹延伸将会使微裂纹变宽

变深,或者出现龟裂纹,严重者会造成辊环爆裂至碎裂,轧槽使用后产生的微裂纹会使材料强度明显下降。正常的生产,每个轧槽都可以保证一定的轧制量。如轧槽使用情况如图 1 所示的状态时,建议此时进行换辊,但有些辊环在轧制过程中,磨损过快或超过额的轧制量,辊环就已失效。在检查中可以发现,有些辊环的轧槽槽底会出现多条裂纹联接成较长的直裂纹和横裂纹变宽、变深;而有些辊环的轧槽槽底则会出现龟裂纹。

因为轧槽表面在高频交变应力的作用下,将引起孔型表面疲劳损伤,形成热疲劳裂纹源。在环向、径向轧制力、装配应力、接触应力作用下,既沿环向形成长裂纹,又向轴心扩展,在有高压水、油液的渗入,加速了对粘钻接相的腐蚀,使龟裂纹加深、加宽。多个裂纹源通过撕裂,相互连接形成台阶状黑色带,一旦达到临界值,便沿环向发生脆性碎裂。

轧槽经轧制过程中的冷热作用,加上钢坯对轧槽的低磨料磨损,使轧槽表面形成网状龟裂裂纹。冷却水压不足就会在裂纹内部产生严重的汽化扩张力,促使裂纹的进一步扩展,如修磨不及时就会造成碎裂(掉肉)。在轧制过程中的瞬间断水会造成轧槽表面爆裂甚至整体裂开。环裂大多是因轧制力过大或硬质合金强韧性过低所造成的。造成轧制力过大的原因是多方面的,如:孔型选择不合理、坯料切头不良、坯料温度偏低、各架孔型对中性差等都会造成轧制力过大。所用牌号选择不当势必出现硬质合金强韧性低的现象。硬质合金辊环自身孔隙、钴池等也是造成环裂的因素。另外使用过程中的冷却水压力、喷射位置、水中固体粒子的含量、PH 值的大小等对辊环的使用都会造成影响,甚至是致命的。

硬质合金辊环在热轧制中形成热裂纹,而热裂纹的扩展不仅取决于冷却效果,而且还取决于轧制的材料。

图 2 说明普通材料和硬质合金不同的裂纹扩展方式。普通材料引起裂纹是一开始轧制时就慢慢地稳定扩展,而硬质合金是经过一段时间轧制后裂纹才开始扩展的,延迟是由于它处于高应力状态下引起裂纹的,不过一旦裂纹开始扩展,它很容易断裂,因为它韧性太差。要控制引发和扩展热裂纹,就要在延迟这段时间中对硬质合金进行加工修复,同时也要控制过量轧制,因为它会导致裂纹深

度较快扩展。

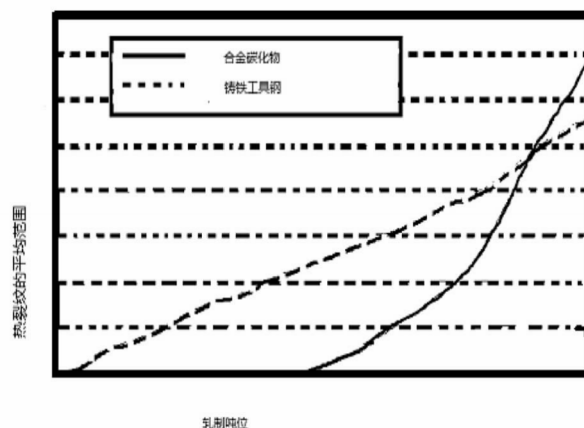


图 2 不同材料产生和发展的热裂纹

任何材料的热裂纹抵抗力是断裂韧性与热导率,热膨胀系数和弹性系数成反比,硬质合金有相对低的断裂韧性和高弹性系数,更多受到热疲劳后产生热裂纹,在构造上轧制速度减慢,更是增加了热裂纹的产生,这是因为硬质合金辊环表面与轧制坯料直接接触的时间更长,因此在合金辊环上停留的热量更大,随着热裂纹的增长和扩大,硬质合金辊环就会产生断裂的危险。抗热疲劳及强韧性是由辊环自身的质量决定的,主要包括孔隙、粗晶粒 WC、钴池、碳化物的聚集体、游离石墨、 η 相和外来杂质等,这些都会加重加快断裂的程度和速度,降低硬质合金的强度。

冷却水压力不足也是造成辊环疲劳热裂纹的原因之一,减少疲劳产生的裂纹,必须用冷却水把辊环从轧件获得的热量带走,从而减少辊环的温升,减少表层金属的热膨胀。当轧件与辊环表面接触时,辊环表层金属可达 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。冷却水喷到炽热的辊环表面,会形成一层气膜,覆盖其下面的辊环表面,严重地影响冷却效果。辊环冷却水系统水压正常情况下要求 $0.4\sim 0.6\text{MPa}$,如果水压过高或过低都会影响辊环的冷却效果。如果水压高于 0.6MPa ,当水喷到槽孔后会弹起来,造成辊环的冷却效果不好,使辊环槽孔的热量没有被及时地带走造成辊环碎裂。如果水压低于 0.4MPa ,由于辊环转速较高辊环冷却水会在辊环槽孔形成一层蒸气层,使辊环冷却水不能冲破辊环槽孔形成的蒸气层,不能把辊环槽孔的热量及时带走,导致辊环碎裂。冷却能使硬质合金辊环尽量减少热裂纹的发展,冷却是采用高压水喷在轧槽表面,但是冷却水

能使硬质合金辊环产生化学反应,造成腐蚀。腐蚀作用能助长裂纹的延伸,这一点在酸性冷却水情况下更加重要,为此必须提高材料的耐腐蚀性能。硬质合金粘结相的组成决定了其耐腐蚀性能的大小。腐蚀是一个化学过程使孔槽表面过早地磨损,增加孔槽表面粗化和凹坑的结果。轧制和腐蚀能造成孔槽表面缺陷,因而引起辊环过早地断裂,热裂纹也能加快辊环表面的缺陷。

3 采取的控制措施及效果

经过以上分析可知,要控制热裂纹的扩展就要在它发生裂纹之前对硬质合金辊环进行加工修复,同时也要控制单槽的过钢量。

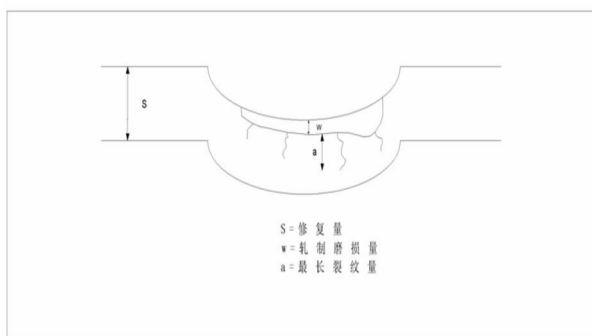


图3 修复控制

辊环上的微裂纹必须及时修磨并彻底磨尽,否则,未磨尽的微裂纹在下次轧制时将扩展更快使辊环迅速破裂。另外,合理的轧制量也是确定辊环修磨量的依据。辊环的轧槽轧制过程中产生的微裂纹会随使用时间的延长而扩展、加深。生产一定量

后,辊环的轧槽表面也会变的粗糙,辊环表面的粘结剂开始脱落,碳化物颗粒暴露出来,此时应立即下线修磨,以保证产品的几何尺寸和表面精度。当严重过量轧制后,轧槽内的微裂纹迅速扩展、延伸,将导致辊环破裂。辊环加工修磨量应该是轧制磨损量加上最长的裂纹量(见图3),这样才能有效地避免裂纹所带来的危害。在加工中经过反复实践,根据轧制辊环的材料以及使用在不同机组中的硬质合金辊环确定了修磨加工量和轧制过钢量,经十年的应用98%的辊环加工后未产生裂纹,效果十分明显。

4 结语

1) 热裂纹不可避免,但可以适时修磨,辊环修磨不仅是修复磨损量,更主要的是彻底修复最长裂纹。

2) 根据使用在不同机组轧制不同规格和不同材质的辊环,确定了单槽过钢量,规定不能过量轧制。

3) 必须对辊环规定加工量,以利于良性循环。

4) 建立起严格的加工和检查验收制度,每一片辊环加工完成后放入专用辊架上,用放大镜仔细检查每一孔槽的裂纹情况,确认合格后放入成品架上。

收稿日期:2013-05-06

审稿:金利友

编辑:胡泽方