

Y12Cr18Ni9易切削不锈钢开裂分析

Cracking Analysis of Easy Cutting Stainless Steel Y12Cr18Ni9

供稿|王哨兵 / WANG Shao-bing

内 容 导 读

易切削钢是在钢中加入S和Mn，细小的硫化物夹杂降低了钢的切削抗力，使其具有易切削性能。文章通过分析Y12Cr18Ni9试样棒材开裂样的宏观组织、化学成分、金相、电镜等方法，确定了轧制开裂的主要原因是Cu元素在晶界处富集造成了晶界的结合力减弱，即铜脆现象。可以调整热轧加热制度，控制炉内气氛，加快升温速度，缩短加热时间，尽快避开铜渗透的临界温度，以减缓铜富集，并尽量减少不均匀的变形及采用较小的道次变形量，可有效地阻止钢中富铜相的形成，从而降低“铜脆”缺陷。

近年来，随着我国经济的快速发展，不锈钢的使用量越来越大，其中易切削不锈钢的产量也越来越大。含硫钢中硫与锰形成硫化锰夹杂，这类夹杂物能中断基体金属的连续性，在切削时促使断屑形成小而短的卷曲半径，易于排除，减少刀具磨损，降低加工表面粗糙度，提高刀具寿命。文章分析Y12Cr18Ni9易切削不锈钢在轧制过程中出现开裂现象，根据现场生产过程中的实际情况，对Y12Cr18Ni9易切削不锈钢开裂原因进行了分析^[1-5]。

实验材料和方法

(1) 对现场生产轧制开裂的棒材取样，利用肉眼对开裂样品的宏观形貌进行分析。

(2) 选取Y12Cr18Ni9开裂宏观样品在SPECTROLAB M10型光电直读光谱仪上检测其化学成分，并将该钢种成分与国家标准进行对比。

(3) 制作标准开裂样品，在Axin Imager Aim型金相显微镜下观察宏观和微观组织，宏观形貌主要是确定是否由夹杂物聚集造成的开裂，微观形貌主要是对开裂处的组织变形情况进行分析。具体实验方法参照GB/T12938—1991“金属显微组织检验方法”。

(4) 对Y12Cr18Ni9开裂样品处所富集的物质做扫描电镜分析，确定附着物的类型和组成成分。

分析与讨论

开裂样品宏观分析

图1为Y12Cr18Ni9易切削不锈钢轧制过程中出现开裂处所选取的试样，棒材开裂现象极为严重，所取棒材试样的规格为 $\phi 65$ mm，通过肉眼可以看出有明显的三角裂纹，裂纹主要沿着轧制面方向分布，横向上的裂纹深度最深达到了2.08 mm，最浅处的裂

作者单位：瑞浦科技集团特殊钢研究院，浙江 丽水 323900



图1 试样宏观开裂样貌

纹深度也有1.53 mm。

化学成分分析

Y12Cr18Ni9选取的开裂样的化学成分见表1，可

表1 开裂棒材样品的化学成分(质量分数)

类别	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	N
标准	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.045	0.100~0.350	17.00~19.00	8.00~10.00	≤1.00	≤0.100
样品值	0.07	0.46	1.85	0.035	0.180	18.50	8.95	0.54	0.080

夹杂物分析

对Y12Cr18Ni9试样开裂处进行抛光处理，在显微镜下观察裂纹处的宏观形貌见图2，该处没有发现夹杂物聚集现象，大部分的夹杂物分布弥散，因此夹杂物造成轧制开裂原因得以排除。

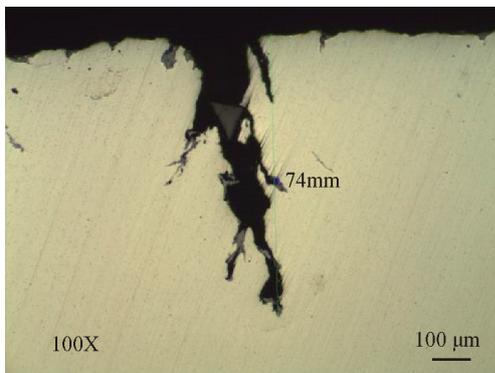


图2 样品开裂处宏观形貌

金相分析

利用王水溶液对Y12Cr18Ni9试样开裂处进行腐

以看出测量值都在标准的范围内。

易切削不锈钢是在钢中加入一定的S元素，硫元素虽然提高了钢材的切削性能，但同时也带来了“热脆”问题。为避免或减轻热脆所带来的危害，公认的方法是向钢中添加合金元素锰，使Mn代替低熔点的FeS中的Fe，生成高熔点的MnS，如果锰的加入量不足，将生成富Fe的(Fe、Mn)S，仍然会产生热脆问题。一般认为在Mn/S(质量比)>4可以避免热脆。另外，Mn/S还对钢中硫化物的形态和数量产生影响，通过实验发现：随着Mn/S的增大，钢中夹杂物的纺锤率增大，夹杂物总数降低。此外，随着Mn/S增加，可以减少在奥氏体晶界FeS等低熔点化合物的生成，由于在奥氏体中固溶的硫化锰溶度积为一定，提高Mn/S可以减少溶入奥氏体中的S量，也可减少从晶界析出的硫化物量。样品中的Mn/S达到了12.8，因而不会产生热脆现象。

蚀处理后，如图3所示，开裂处有轻微的氧化现象，并且晶粒较正常组织处细小，裂纹大部分呈现出穿晶断裂，部分为沿晶断裂。

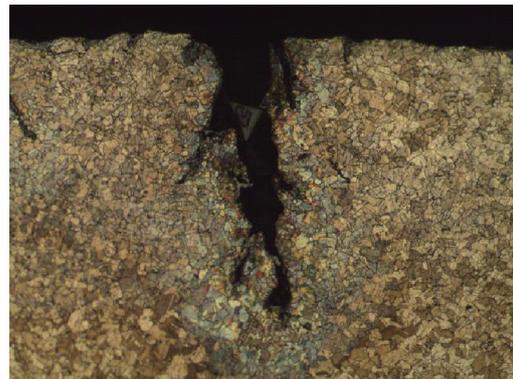
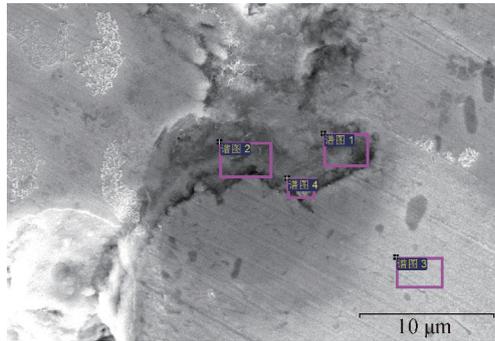


图3 样品开裂处腐蚀处理后金相组织照片

电镜分析

为了确定样品开裂处的成分做电镜分析，如图4。图谱3的电镜扫描成分与中包取样成分基本一致，判定图谱3为基体；图谱4处S和Mn元素含量明显偏高，并且其形貌为“长条状”，判定图谱4为



谱图	C	O	Si	S	Cl	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	总计
1	0.55	29.80	0.65	0.88	0.45	30.13	3.69	29.76	2.78	1.30	100.00
2	0.62	31.24	0.56	0.70	0.55	36.90	2.24	21.68	3.31	2.21	100.00
3	0.61	1.64	0.34	—	—	18.10	1.18	69.02	8.56	0.56	100.00
4	0.48	24.89	0.94	1.27	0.66	30.24	4.90	31.90	3.21	1.51	100.00

图4 样品开裂处的电镜分析

MnS夹杂物；图谱1和图谱2为铁素体基体，但是存在铜元素富集现象，并且图谱1、图谱2和图谱4处的O元素含量偏高，氧化现象极为明显。

讨论与分析

通过对Y12Cr18Ni9试样开裂处的分析，确定了轧制开裂的主要是Cu元素在晶界处的富集，使得晶界的结合力减弱，从而造成“铜脆现象”。其根本原因是在高温下发生选择性氧化，结果造成铜富集，由于晶界处晶格错配度高，富集的铜易于沿晶界分布并扩散，富铜层晶界在1100℃左右开始熔化即导致铜脆。

根据以上分析，减少高温加热过程中钢基体的氧化，就可减缓铜的富集，从而控制乃至消除铜脆缺陷。可以调整热轧加热制度，控制炉内气氛，可采用还原性或中性加热气氛，避免氧化，降低热加工温度至1100℃以下，同时加快升温速度，缩短加热时间，减少中间搁置时间，出炉即轧，尽快避开铜渗透的临界温度，以减缓铜富集，并尽量减少不均匀的变形及采用较小的道次变形量，均可有效地阻止钢中富铜相的形成，从而降低“铜脆”缺陷。

结束语

通过对开裂样品的分析，可以得到以下结论。

(1) 对Y12Cr18Ni9易切削不锈钢开裂处化学成分的分析，其都在标准所要求的范围内，Mn/S也大于10，开裂处的宏观组织没有夹杂物偏聚的现象，可以排除因化学成分和夹杂物的偏聚所造成的开裂。

(2) 对开裂样品的金相组织分析，开裂主要是穿晶开裂，部分有沿晶开裂。

(3) 通过对开裂样品的电镜分析，开裂处有大量的Cu元素在晶界处的富集造成的，O元素含量偏高，主要是加热炉内的氧化性气氛造成的。

参考文献

- [1] 乔立峰, 关菊. 耐大气腐蚀钢(09CuPtTiRe)热轧带钢生产工艺研究. 鞍钢技术, 2000(2): 18
- [2] 李恒武, 张体宝, 张体勇. 含Cu奥氏体抗菌不锈钢中 ϵ -Cu相的观察和分析. 金属学报, 2008, 44(1): 39
- [3] 张文毓. 抗菌不锈钢的开发与应用. 新材料产业, 2009(7): 32
- [4] 邱文军, 林刚, 江来珠, 等. 铜对奥氏体抗菌不锈钢性能的影响. 钢铁, 2009, 44(3): 81
- [5] 南黎, 刘永前, 吕曼祺, 等. 抗菌不锈钢中的富铜析出相的杀菌作用研究. 世界钢铁, 2009, 9(2): 49

作者简介: 王峭兵(1989—), 男, 安徽合肥人, 硕士。2016年毕业于内蒙古工业大学材料科学与工程学院冶金工程专业, 研究方向为金属材料及加工工艺。E-mail: shaobingW@126.com。