

轧辊硬度检测方法及结果差异分析

钱志清

(宝钢轧辊科技有限责任公司技术中心,上海 213019)

摘要:文章介绍了常用几种硬度的检测方法,给出了不同检测方法在轧辊检测中的不同结果,分析了轧辊的基体硬度和残余应力产生的硬度差异及对轧辊使用的影响。

关键词:硬度检测;转换;基体硬度;碳化物;残余压应力

引言:

在轧辊的设计、制造中,我们经常会遇到各种各样的疑问需要思考和分析。如森吉米尔轧机所使用的工作辊设计硬度一般为84~88HSD,所轧的板材多数是不锈钢、硅钢,所处的工况比较恶劣。而我们通称的大轧辊所轧的板材以普碳钢为主,所处工况相对较好,但其工作辊设计硬度往往会达到95HSD以上。为什么轧制不锈钢、硅钢的硬度会比轧普碳钢的硬度低呢?这就引起了我们的思考。

1 常用硬度检测方法分析

什么是硬度?硬度表示材料抵抗硬物体压入其表面的能力,它是金属材料的重要性能指标之一。一般认为硬度越高,材料的强度就越高,材料抵抗塑性变形的能力就越高。轧辊生产中常用的硬度有维氏(HV)、洛氏(HRC)、肖氏(HS)和里氏(HL)四种表示方法。

(1)维氏硬度以120kg以内的载荷和顶角为136°的金钢石方形锥压入材料表面,用载荷除以材料压痕的表面积,即为维氏硬度HV值(kgf/mm²)。



维氏硬度计



洛氏硬度计

(2)洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)。洛氏硬度是用一个顶角120°的金钢石圆锥体或直径为1.59、3.18mm的钢球,在一定载荷下压入被测材料表面,由压痕的深度得出材料的硬度。洛氏硬度检测是现今所使用的几种普通压痕硬度试验之一。HRA用于硬度极高的材料(如硬质合金等);HRB用于硬度较低的材料(如退火钢、铸铁等);HRC用于硬度很高的材料(如淬火钢等)。维氏硬度和洛氏硬度均为压入式硬度,压入式硬度在表面留有压痕,会直接破坏轧辊的表面质量,需要重新修磨。所以一般不直接应用于轧辊成品检测。但是压入式硬度能真正反映轧辊的表面硬度,受外界环境因素影响小,稳定性好。所以HV和HRC是轧辊初始设计时常用的硬度指标。

(3)肖氏硬度(HS)肖氏硬度原理是冲击锤从特定高度落在轧辊表面反弹,反弹的高度与起始高度的比值乘以常数表示,通常有HSC和HSD两种。HS=K×h1/h2,HS-肖氏硬度,K-肖氏硬度系数,对于C型肖氏硬度计K=10000/65,对于D型肖氏硬度计K=140,肖氏硬度检测不破坏轧辊表面质量,在里氏硬度计出现以前,一直是轧辊常用的硬度检测方法。



肖氏硬度计



里氏硬度计

C型硬度计原理:从高度h2=254mm落下,然后反弹,当反弹高度h1=165.1mm时,定为HS100,然后进行100等分刻度,再把刻度延伸至HS140。D型硬度计原理:从高度h2=19mm落下,然后反弹,当反弹高度h1=13.571mm时,定为HS100,然后进行100等分刻度,再把刻度延伸至HS140。肖氏D型硬度计使用特点:对人员的技能要求较高,操作手

势对检测结果影响大。保管要求高,不使用时一般应垂直摆放在专用的架子上。对被测表面的粗糙度有要求,测量范围广,只能在上母线检测;不易采购且价格昂贵。

(4)里氏硬度(HL)里氏也属于反弹式硬度检测,其原理与肖氏类似,它检测反弹的速率与冲击时的速率的比值。里氏硬度计原理:HL=1000×√(Vr/Va)×√(Vr/Va),冲击体回弹速率Vr,冲击体冲击速率用规定质量的冲击体在弹力作用下以一定速度冲击试样表面,将冲头在距试样表面1mm处的回弹速率与冲击速率的比值计算硬度值。

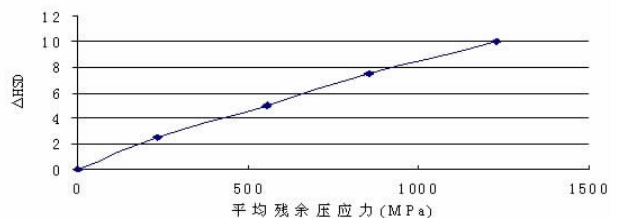
里氏硬度的分类和使用范围:

冲击装置最大硬度尺寸和使用指导D#9 68HRC适用于大多数锻钢、铸钢、铝合金、铜合金和铸铁。DC#9 68HRC#9 主要用于特殊用途测硬度,如孔,适用材料和D型一样。D+15#9 68HRC很细的冲击装置,用于小孔、沟槽等。适用材料和D型一样。G#9 60HRC大的冲击装置,冲击能量最高,用于大的、重的工件。适用于锻钢、铸铁和铸钢。C#9 68HRC一种冲击能量很小的冲击装置,主要用于表面硬化的构件、涂层、钢质的薄壁等。E#9 70HRC一种特殊的金钢石球头冲击装置,主要用于高硬度的锻钢和铸钢。

里氏D型硬度计使用特点:(1)对人员的技能要求不高,操作手势影响不大;(2)对摆放没有特殊要求,便携性能较好;(3)对被测表面粗糙度要求一般要达到Ra0.8以上;(4)剩磁大于4高斯时会影响检测结果;(5)智能化程度高,精确度高,可以从多角度检测;(6)易于采购且价格不高。里氏硬度和肖氏硬度均为反弹式硬度。经过前述肖氏硬度计和里氏硬度计的特点分析。我们发现在采购、可操作性、可靠性、便携性能等方面里氏硬度计具有明显的优势。所以里氏硬度计逐步取代肖氏硬度计,成为生产中主要的硬度检验仪器。

国标规定肖氏硬度计检测时,辊身直径φ805~φ1060,用里氏硬度计检测时,辊身直径φ8805~φ1060,30。所以对于小直径的森辊和矫直辊仍用HRC检测,并以工序检代替成品检。

2 冷轧辊表面硬度检测影响冷轧辊的反弹式硬度主要有两部分组成:一是轧辊的基体硬度,二是表面残余压应力影响。受到大型轧辊表面残余压应力的影响,反弹式硬度不能真正表征轧辊的实际硬度。



举例:

不同轧辊检测硬度残余应力洛氏硬度转化的肖氏硬度 A 工作辊 95HSD-600MPa, 64.2HRC, 90HSDB 工作辊 95HSD-1200MPa, 61.7HR, C85HSD

(约-120MPa=1HSD)转换标准 GB/T17394

3 差异解答

森辊采用整体淬火,并经过两次高温回火,森辊表面的残余压应力很小。检测硬度基本上就是轧辊表面的真实基体硬度。而我们通称的大轧辊采用的双频等感应淬火,低温回火的热处理方式。轧辊表面存在一定的残余压应力。其实我们所检测的硬度是轧辊表面真实硬度与表面残余压应力综合作用的总和。

4 硬度转换讨论

由于大型冷轧辊表面无法用维氏和洛氏硬度直接检测,只能采用反弹式的肖氏和里氏检测。里氏硬度计使用方便,可操作性强,受到了使用者的欢迎。里氏硬度试验方法是近20年才出现的,若完全直接使用里氏硬度试验方法进行硬度测试尚须时日。目前为兼顾里氏硬度计的实用性和传统硬度计量标准的要求,满足硬度测试工作的需要,往往要把里氏硬度值转换成布氏、肖氏、洛氏和维氏等硬度值表达出来。GB/

丙烯腈的晶体结构

吴飞跃 孟江平

(重庆文理学院 材料与化工学院,重庆 402160)

摘要: (E)-3-氨基-3-吗啉-2-[4-(4-硝基苯基)-2-噻唑]-丙烯腈的晶体属于单斜晶系,空间群 P2(1), a=7.2560(8)nm, b=14.7641(15)nm, c=16.1849(16)nm, $\alpha=90^\circ$, $\beta=97.9370(10)^\circ$, $\gamma=90^\circ$, Mr=357.39, V=1717.3(3)nm³, Dc=1.382g/cm³, Z=4, $\mu(\text{MoK}\alpha)=0.214\text{mm}^{-1}$, F(000)=744。晶体结构用直接法解出,使用全矩阵最小二乘法对原子参数进行修正,最后的偏离因子 R=0.0712, Rw=0.0740。

关键词: E-丙烯腈;晶体;结构

丙烯腈是一种重要的有机化工原料,主要用于生产腈纶纤维^[1],还可用来生产谷氨酸钠、医药、高分子絮凝剂、纤维改性剂、纸张增强剂等^[2-3]。(E)-3-氨基-3-吗啉-2-[4-(4-硝基苯基)-2-噻唑]-丙烯腈晶体结构的测定在 Siemens P4 型四圆衍射仪上进行,将 0.17mm×0.08mm×0.06mm 的无色长方形晶体置于装有单色器的四圆衍射仪上,用 Mo K α ($\lambda=0.071073\text{nm}$)辐射和 ω 扫描方式收集衍射数据,在 $1.88^\circ<\theta<25.01^\circ$ 范围内共收集 8670 个独立衍射点,可观测到衍射点 3036 个 ($I>2\sigma(I)$),数据经 Lp 校正及经验吸收校正,晶体结构由直接法(SHELXS-97 程序)解出,经多轮 Fourier 合成获得全部非氢原子,全部氢原子由理论计算获得,全部非氢原子的坐标及各项异性参数,采用 $\omega=1/[\sigma^2(\text{Fo}^2)+(0.0796\text{P})^2+0.0000\text{P}]$, $\text{P}=(\text{Fo}^2+2\text{Fc}^2)/3$ 经全矩阵最小二乘法修正及收敛,最后的偏离因子 R=0.0712, Rw=0.0740。图 1 为标题化合物的分子结构透视图,表 1 为标题化合物分子中非氢原子的坐标及热参数。

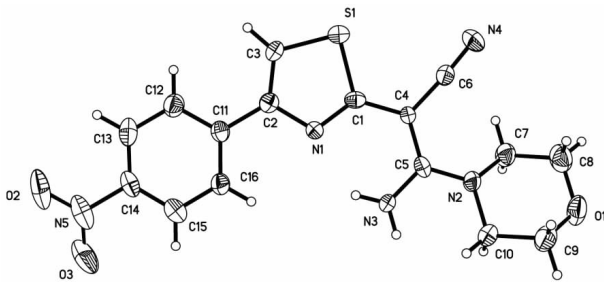


图 1 分子结构透视图

结束语

本文对(E)-3-氨基-3-吗啉-2-[4-(4-硝基苯基)-2-噻唑]-丙烯腈的晶体结构进行了研究。该化合物具有潜在的生物活性,可望进一步用于药物的高通量筛选。

参考文献

- [1]韩秀山.丙烯腈的应用[J].四川化工与腐蚀控制,2000,3(6):52-53.
- [2]张威.丙烯腈的合成及其深加工[J].黎明化工,1994,(3):29-32.
- [3]金山.应用广泛的丙烯腈[J].山东化工,2000,29(4):29-30.

基金项目:重庆文理学院校内科研项目(Y2011HH57)

T17394-1998 里氏硬度试验方法中 8.2 条指出,应尽量避免将里氏硬度换算成其他硬度。因为各种硬度计的硬度转化曲线是不相同的。材料硬度值的转换与其热处理方式息息相关。著名轧辊企业冷轧辊淬火方式区别:

类别美国联合电钢日本日立德国斯坦霍夫,宝钢常州轧辊辊身淬火方法整体感应中频多圈连续 	 整体火焰差温 	 双频双圈,连续著名轧辊企业硬度转换对比举例:企业名称英轧国际联合电钢斯坦霍夫日立俄罗斯 SMS 瑞士 Equotip 常州轧辊 HV HRC 800HV64HR CHSD9297969289918996HLD8458698648648864850860

著名企业如美国联合电钢、HITACH(日立)、STAINHOFF、西马克等都建立了自己的硬度转换标准。

5 分析结论

在相同的压入式硬度下,回跳硬度随着轧辊的材质、尺寸以及热处理方法的不同而变化,压入式硬度与回跳式硬度没有直接的对应关系。反弹式硬度不能真正反映大型冷轧辊的实际基体硬度。所以,压入式硬度与弹跳式硬度是不能等值转换的。同时,硬度转换不以地方为对照标准,而以实际使用的硬度计来对照转换。例如,美国的公司使用日本的硬度计检测,那么转换时应以日本标准转换,而不是以美国标准转换,所以必须了解清楚各个公司实际使用的硬度计情况。在轧辊表面的硬度中,还含有碳化物硬度。在 3%Cr 的材料中,主要是 M₃C 碳化物,其硬

表 1 原子坐标和热参数

原子	x	y	z	U _{eq} /10 ⁻⁵ nm ²
N(1)	3210(5)	4556(2)	5600(2)	41(1)
N(2)	5663(5)	4627(2)	8216(2)	52(1)
N(3)	4455(5)	5427(2)	7038(2)	58(1)
N(4)	6168(6)	2308(2)	7393(2)	69(1)
N(5)	-591(7)	7113(4)	2574(4)	88(2)
O(1)	7506(5)	4597(3)	9884(2)	83(1)
O(2)	-977(6)	6928(3)	1830(2)	119(2)
O(3)	-810(6)	7868(3)	2858(3)	116(2)
S(1)	3610(2)	2830(1)	5465(1)	61(1)
C(1)	3842(6)	3840(3)	6046(3)	41(1)
C(2)	2497(6)	4323(3)	4785(3)	43(1)
C(3)	2640(6)	3432(3)	4601(3)	55(2)
C(4)	4671(6)	3832(3)	6908(3)	39(1)
C(5)	4916(6)	4631(3)	7392(3)	45(1)
C(6)	5530(6)	3000(3)	7200(3)	48(1)
C(7)	5244(7)	3942(3)	8809(3)	63(2)
C(8)	6932(8)	3776(3)	9459(3)	82(2)
C(9)	7929(7)	5266(3)	9314(3)	75(2)
C(10)	6305(6)	5475(3)	8643(3)	61(2)
C(11)	1687(6)	5049(3)	4212(3)	46(1)
C(12)	905(7)	4841(3)	3402(3)	61(2)
C(13)	169(7)	5519(4)	2859(3)	66(2)
C(14)	192(7)	6391(4)	3145(3)	57(2)
C(15)	946(7)	6619(3)	3948(3)	64(2)

U_{eq} is defined as one third of the trace of the orthogonalized U_{ij} tensor.

度约为 850-1100HV,占表面积的 6-7%。碳化物的平均直径约为 0.8um,密度是 1.4×1051/mm²。在 5%Cr 的材料中,主要是 M₇C₃ 碳化物,其硬度约为 1200-1600HV,占表面积的 10-11%,碳化物的平均直径约为 0.6um,密度是 4.3×1051/mm²。所以,碳化物也对表面硬度有一定的贡献,主要体现在回跳式硬度检测的数值中,目前的检测方法还难以将碳化物硬度与残余应力所产生的硬度区分开来。综上所述,轧辊表面的硬度有三部分组成:基体硬度、碳化物硬度和表面残余压应力作用硬度。

大型冷轧辊的硬度转换目前没有统一的可以实际适用标准,还只能是企业标准。工作中应以轧辊的工作条件为准,确定轧辊的设计硬度,避免硬度的直接换算。相信随着轧辊行业的不断发展、进步,轧辊生产技术国际化的推进,一定会有统一、通用的国际标准。

参考文献

- [1]金属里氏硬度试验方法(GB/T17394-1998)
- [2]美国联合电钢简介.1998.3.
- [3]张海.大型冷轧辊机加工残余应力沿层深分布的测定[J].物理测试,2001(6):8-94.
- [4]张雅梓.锻钢轧辊标准现状及其分析[J].机械工业标准化,1993(4):11-14.