

中华人民共和国机械行业标准

JB/T XXXXX—XXXX

热轧层流冷却辊 激光熔覆制造技术规范

Hot rolled laminar cooling roll—Laser cladding manufacturing—Technical
specification

(征求意见稿)

XX—XX—XX 发布

XX—XX—XX 实施

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 结构型式 2

5 制作工艺流程 3

 5.1 新品制造 3

 5.2 维修制造 3

6 技术要求 3

 6.1 一般规定..... 3

 6.2 辊坯 3

 6.3 熔覆材料..... 5

 6.4 熔覆层 5

 6.5 激光熔覆工艺评定 6

 6.6 激光熔覆..... 错误!未定义书签。

 6.7 激光熔覆修补..... 6

 6.8 机械加工要求..... 6

 6.9 成品质量要求..... 7

7 试验方法 8

8 检验规则 8

 8.1 硬度检验 8

 8.2 熔覆材料和产品制造检验 8

9 标志、包装和储运 9

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国冶金设备标准化技术委员会（SAC/TC409）归口。

本文件起草单位：泰尔（安徽）工业科技服务有限公司，泰尔重工股份有限公司，南京航空航天大学，上海交通大学。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

热轧层流冷却辊 激光熔覆制造技术规范

1 范围

本文件规定了热连轧产线层流冷却辊（以下简称层流辊）的术语和定义、结构型式、制作工艺流程、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、储运和合格证书。

本文件适用于激光熔覆方法层流辊的制造，用其他方法制造的层流辊亦可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法
GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第 1 部分：试验方法
GB/T 1184—1996 形状和位置公差 未注公差值
GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
GB/T 3375 焊接术语
GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第 1 部分：试验方法
GB/T 4879 防锈包装
GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测 GB/T 12604.3 无损检测 术语 渗透检测 GB/T 13298 金属显微组织检验方法
GB/T 14691—1993 技术制图 字体
GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法（常规方法）
GB/T 26952—2011 焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级
GB/T 26953—2011 焊缝无损检测 焊缝渗透检测 验收等级
GB/T 37400.15-2019 重型机械通用技术条件 第15 部分：锻钢件无损探伤

3 术语和定义

GB/T 3375、GB/T 12604.1 和 GB/T 12604.3界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热轧层流冷却辊 hot rolled laminar cooling roll

应用于热连轧产线，起板坯（带钢）输送作用。为达到耐高温、耐磨损和耐腐蚀等目的而采用激光熔覆制作的辊子。

3.2

有效层深度 effective depth

层流辊熔覆层厚度中，自辊面至化学成分、组织和硬度满足其技术要求值的部位的深度。

3.3

熔覆层 clad overlay

在辊坯表面进行激光熔覆而获得的具有特殊性能的金属涂层（见图 1）。

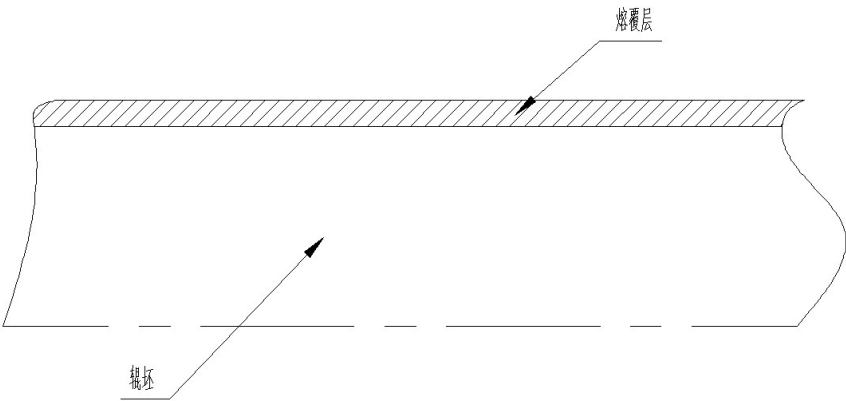


图1 熔覆层示意图

4 结构型式

外冷式层流辊、内冷式层流辊的结构型式如下图2和图3所示。

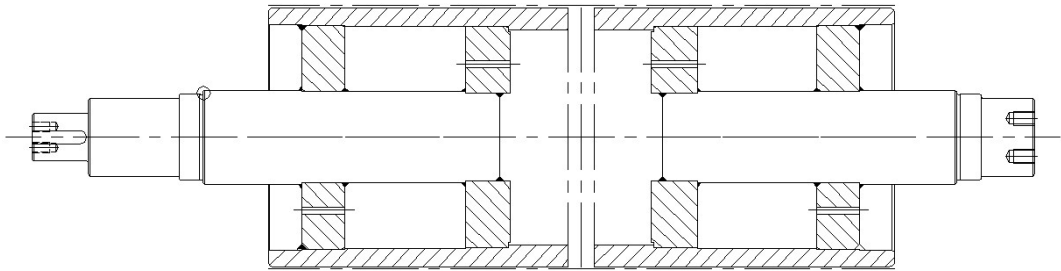


图2 外冷式层流辊

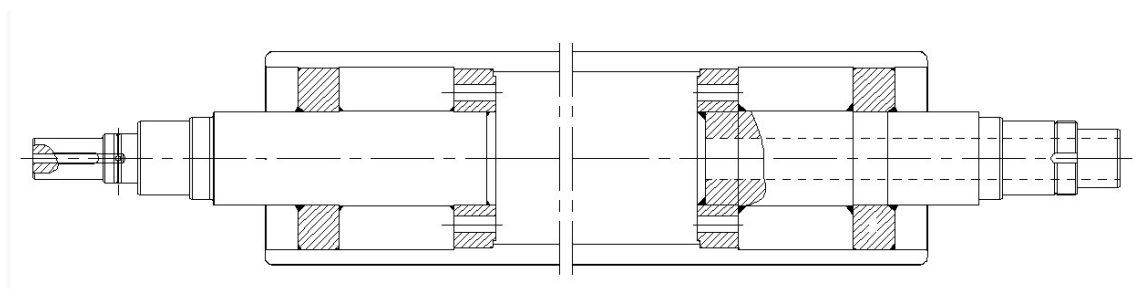


图3 内冷式层流辊

5 制作工艺流程

5.1 新品制造

辊坯检验→粗加工→幅板与芯轴组焊→组焊后加工→动平衡→轴头与辊筒组焊→半精车→激光熔覆→硬度检测→精车至成品→检验→动平衡→铣（去重、钻孔）→钳修→终检→包装储运

5.2 维修制造

清洗→检验→粗加工→焊接→半精车→检验→激光熔覆→硬度检验→精车至成品→检验→动平衡→铣（去重、钻孔）→钳修→终检→包装储运

6 技术要求

6.1 一般规定

层流辊应按经供需双方认可的图样及技术文件制造，并符合本标准的规定；如有特殊要求，应由供需双方协商确定。

6.2 辊坯

6.2.1 层流辊制造用辊坯应符合设计文件及供需双方协商确定的要求，如无要求，其材料牌号及化学成分、力学性能应符合表 1 的规定，并有辊坯制造单位出具的产品质量证明文件。

表1 层流辊辊坯化学成分、力学性能及推荐用途

牌号	化学成分（质量分数） %									力学性能						推荐用途
	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni	其余 Fe	R_m /M Pa	R_{eL} /M Pa	A / %	Z / %	KV / J	硬度（ $F/D^2=30$ HBW	
20	0.17 ~ 0.24	0.35 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	\leq 0.035	\leq 0.035	≤ 0.25	≤ 0.25	≤ 0.3	剩 余	\geq 410	≥ 245	\geq 25	\geq 55	\geq 34	100-150	1780 以下产线
45	0.42 ~ 0.50	0.5 ~ 0.8	0.17 ~ 0.37	\leq 0.035	\leq 0.035	≤ 0.25	≤ 0.25	≤ 0.3	剩 余	\geq 600	≥ 355	\geq 16	\geq 40	\geq 50	130-200	1780 以上产线

注1：辊坯依据标准GB/T 8162-2008执行。

注2：辊坯探伤依据GB/T 37400.15-2019标准不低于II级。

6.2.2 层流辊坯质量应符合表 2 的规定。

表2 辊坯质量

项目		技术要求
表面 质量	结疤、折叠、裂纹、夹杂、锈斑、碰伤缺陷	不允许
	缩孔、非金属夹渣物等缺陷	允许分散状、直径≤0.2 mm 的缺陷，且总数不大于 10 个/m ²
	表面粗糙度 Ra	≤25 μm
内部 质量	内部缺陷	GB/T 37400.15-2019 标准不低于 II 级
硬度		符合表 1 的要求
尺寸公差与几何公差		GB/T 1804—2000 中的 m 级、GB/T 1184—1996 中的 k 级

6.3 熔覆材料

6.3.1 熔覆材料化学成分：层流辊激光熔覆粉末牌号、化学成分及硬度应按表 3 选取；有特殊要求时由供需双方协商确定。

表3 常用层流辊激光熔覆粉末牌号、化学成分及推荐用途

牌号	熔覆金属化学成分（质量分数）										熔后 硬度
	C	Cr	Mn	Si	Ni	Mo	B	Fe	S	P	
Fe60	≤0.2	14	≤0.5	1~	1.4	0.8	1.0	Bal.	≤0.03		55~60 HRC
		~		1.3	~	~	~				
		17			2	1.2	1.5				

6.3.2 熔覆粉末材料保管要求如下：

激光熔覆粉末材料的保管应符合材料制造厂提供的说明书要求，粉末材料的库房应保持干燥且通风良好，温度控制在5℃~30℃，相对湿度保持在60%以下。

6.4 熔覆层

6.4.1 辊面加工成品后的熔覆层标准厚度应为 1±0.1mm。

6.4.2 化学成分：堆焊层 Cr 含量及稀释率要求见表 4。

表4 熔覆层金属要求

熔覆层厚度mm	要求			
	Cr 含量% (质量分数)	稀释率%	硬度 HRC	硬度均匀性
1±0.1m	14~16	5≤A ≤10	55-60	±1.5HRC

6.5 激光熔覆工艺评定

首次采用或者有重点变化时必须进行激光熔覆工艺评定，重新对工艺方法进行试验、检测，具体依据表5执行。

表5 激光熔覆工艺评定要求

工序	要求				
	外观	金相组织	稀释率%	硬度 HRC	PT 探伤
激光熔覆	成型良好	马氏体+微观无明显缺陷	$5 \leq A \leq 10$	55-60	无熔覆缺陷

6.6 激光熔覆

6.6.1 层流辊熔覆应根据相关标准和工艺评定编制激光熔覆工艺指导书指导实施，常用激光熔覆工艺方法见表 6，熔覆参数参见附录 A。

表6 常用激光熔覆工艺方法

激光熔覆工艺方法	粉末粒度 μm	保护介质	推荐辊身规格 mm	推荐设备功率
宽光斑激光熔覆	53~150	Ar 气或者无	$\phi > 150$	$\geq 6\text{KW}$
圆光斑激光熔覆	53~150	Ar 气	/	$\geq 4\text{KW}$

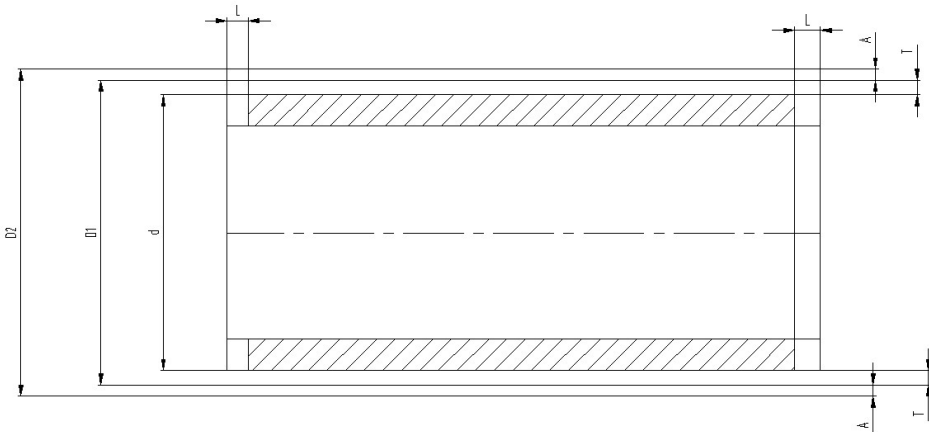
- 6.6.2 层流辊熔覆前应清除辊坯表面的油污、锈蚀等污物。
- 6.6.3 熔覆粉末材料的烘干、使用应符合焊接材料制造厂提供的说明书要求。
- 6.6.4 激光熔覆过程中应对熔覆层间温度、熔覆功率、速度、偏移量和熔覆厚度等进行监控记录，层间温度和熔覆厚度要求每间隔 15 min 记录一次。
- 6.6.5 辊坯熔覆前预热宜采用加热炉或加热带进行，预热温度 120-150℃，冬季按上限温度执行。
- 6.6.6 熔覆过程加热应采用专用火焰或电加热设备进行，层间温度应控制在工艺要求范围内。
- 6.6.7 熔覆后应将层流辊缓冷至室温，避免放置在风口处或风扇直吹工件。

6.7 激光熔覆修补

- 6.7.1 在层流辊熔覆过程中或加工完成后发现熔覆缺陷或其他缺陷，应及时进行修补：
- 对直径不大于 5mm 且每平方分米数量不多于 10 处的不触及母材的局部表面缺陷（如气孔、夹渣），在打磨去除缺陷后进行表面局部补焊；
 - 对触及母材或未触母材但直径大于 5 mm 以及直径不大于 5mm 但每平方分米数量多于 10 处的密集型缺陷，应将熔覆层去除到要求的范围，并按照原来的激光熔覆工艺进行重新熔覆。
- 6.7.2 层流辊修补后应进行磁粉检测和着色渗透检测，保证探伤无任何气孔、裂纹等熔覆缺陷。

6.8 机械加工要求

6.8.1 层流辊熔覆前辊身轴向方向两端应预留不小于 5 mm 的长度余量，熔覆前直径应为成品直径减去两倍单边熔覆层厚度，如图 4 所示。



注：D1—成品直径；D2—熔覆后直径；d—辊坯熔覆前直径；L—长度余量；T—单边熔覆厚度；A—加工余量

图4 层流辊熔覆前加工示意图

6.8.2 层流辊的辊面尺寸、表面粗糙度、尺寸和几何公差应符合图样的规定，图样未注明时按表 7 的规定执行。

表7 辊面尺寸、表面粗糙度、尺寸和几何公差

产品状态	辊面尺寸 mm	表面粗糙度 Ra μm	同轴度公差 mm	圆柱度公差 mm	全跳动公差 mm	尺寸公差
熔覆前	$D1 - 1.6/2/2.4$	≤ 3.2	0.2	0.1	0.2	GB/T 1804—2000 中的 m 级
成品	$D1$	≤ 3.2	0.03	0.05	0.05	
熔覆后	$D2 = D1 + 2A$	/	/	/	/	
注1： $D1$ 为层流辊成品尺寸直径； 注2： $D2$ 为熔覆后直径； 注3： A 为加工余量						

6.9 成品质量要求

- 6.9.1 熔覆层硬度应符合表 4 的规定。
- 6.9.2 层流辊熔覆层缺陷采用磁粉或者着色渗透检测，其表面不应有下列缺陷：
- 裂纹性缺陷；
 - 不允许直径超过 $\phi 0.5\text{mm}$ 点状缺陷，直径 $< \phi 0.5\text{mm}$ 点缺缺陷，数量累积超过 5 处；
 - 距离端部 80mm 以内的点状缺陷。
- 6.9.3 产品表面经目测检测，不应有下列缺陷：
- 大于 $\phi 2\text{ mm}$ 的圆状显示迹痕；
 - 每平方分米内有大于 3 个 $\phi 2\text{ mm}$ 以内的圆状显示迹痕；
 - 长度大于 5mm 的线形显示迹痕（非裂纹型）；
 - 每平方分米内总的线形显示迹痕长度超过 10 mm；

——辊身、辊颈的工作表面有肉眼可见的凹坑、磕碰和其他影响使用的表面缺陷。

7 试验方法

- 7.1 化学成分分析方法按 GB/T 223 中相应部分和 GB/T 20123 的规定执行。
- 7.2 力学性能试验按 GB/T 228.1、GB/T 229 的规定执行。
- 7.3 硬度检验分别按 GB/T 230.1、GB/T 4340.1 的规定执行。
- 7.4 辊坯超声检测执行 GB/T 37400.15-2019 标准不低于 II 级。
- 7.5 渗透检测、磁粉检测分别按 GB/T 26953、GB/T 26952 的规定执行。
- 7.6 金相组织检验按 GB/T 13298 的规定执行。
- 7.7 层流辊表面质量用目视+10 倍放大镜的方法检验。

8 检验规则

8.1 硬度检验

采用便携式里氏硬度计对高精度的车抛加工表面进行硬度检验，在辊身表面沿圆周方向间隔 90° 的四条素线上进行轴向硬度检验。当辊面长度不大于1250mm 时，检测点为各辊面开始点、中心点和结束点，此三点检测数据的算术平均值即为实测数据。当辊面长度大于1250mm 时，检测点为5个点，增加两个中间点，每个点在直径10 mm范围内检测5个数据，检测数据的算术平均值为此点的实测数据。硬度检测点位置示意如图 5 所示。

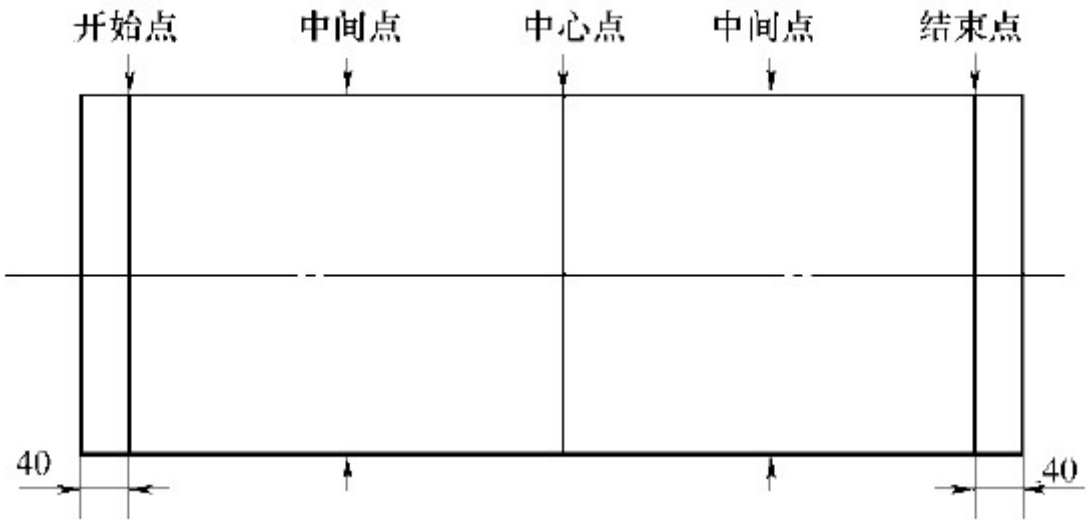


图5 硬度检测点位置示意

8.2 熔覆材料和产品制造检验

层流辊检验规则见表 8，有特殊要求时由双方协商确定。

表8 检验规则

检验项目		检验标准	检验方法	检验数量	检验状态
熔覆材料 ^b	焊接工艺评定 ^a	表 5 及相关技术要求	企业标准	100 %	首次采用
	化学成分及硬度检验	表 3 和表 4	光谱分析及制样法	按批次抽检	入库前
	球形度、流动性检测	质量说明书	实验法	按批次抽检	入库前
产品制造	激光熔覆工艺指导书、熔覆粉末材料牌号、规格及人员资质	—	操作人员确认	按批次抽查	熔覆前
	熔覆参数、层间温度检查、记录	特殊过程记录表	操作员工照实填写	每 15min	熔覆中
	硬度检测	表 4	图 5	100%	成品
	内部缺陷	GB/T 37400.15-2019 标准不低于 II 级	超声检测 (UT)	50%	辊坯
	表面质量	表 2	目测和渗透检测 (PT)	100%	成品、辊坯
	尺寸、公差、表面粗糙度及外观质量	表 7 6.10 中内容	外径千分尺、游标卡尺+ 表面粗糙度仪+目测	30% ^c 100%	焊前辊坯 成品
^a 当熔覆材料首次采用时,除应按表 3~表 5 的要求对熔覆材料进行检验外,根据实际使用要求还应进行热疲劳性能检验。 ^b 当项目任意一项检验不合格时,该项应加倍复验,若复验结果仍不合格则该批熔覆材料判为不合格。 ^c 按照产品规格型号分组,采用随机抽样方法检验样品。					

9 标志、包装和储运

9.1 检验合格的热轧层流辊,应在辊端面打上制造单位标记。

9.2 层流辊成品检验合格后,应在非基准端面沿圆周方向刻印制造单位标志、辊号和其他规定的标志,辊号标记为:厂家+年份+月份+型号+产品流水号,如泰尔 23 年 8 月份生产的层流辊 A 类 1 号辊,刻印标记为 TR238A01,以此类推,字体为 GB/T 14691—1993 中的 7 号字。

9.3 精加工后的辊面、轴头在产品周转过程中应注意保护与防腐,吊装时应合理选用吊具(如尼龙吊绳),防止磕碰、划伤,同时辊面、辊轴涂软膜防锈油。

9.4 产品周转至成品交货,辊面及轴头应采用气泡膜或者彩条布等材料包装,辊面和轴头不应损伤。

9.5 层流辊包装应考虑在运输及吊装时的安全方便，以防止层流辊在运输及贮存过程中损伤、锈蚀，防锈包装应按 GB/T 4879 的规定，防锈期应不少于 6 个月。

9.6 层流辊外包装应用木箱或木架包装，包装质量应符合运输部门对包装的要求。

9.7 包装标志应包含如下内容：

——合同号、层流辊规格型号及出厂编号；

——重量；

——包装日期；

——到站（港）及收货单位；

——发站（港）及发货单位。

9.8 随行文件应包括合格证书、装箱单等，随行文件应用防水塑料袋封装后放在包装箱内。

9.9 层流辊应存放在通风、防潮、干燥的仓库内。