

ICS 21.220.30

CCS J 81



# 团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2025

## 矿用高强度圆环链热处理技术规范

Technical specifications for heat treatment of high-strength circular ring

chains used in mining

(征求意见稿)

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

# 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 总体要求 .....	2
4.1 原材料要求 .....	2
4.2 设备要求 .....	2
4.3 工件要求 .....	2
4.4 车间环境要求 .....	3
5 热处理参数要求 .....	3
5.1 热处理分类 .....	3
5.2 退火工艺 .....	3
5.3 调质热处理工艺 .....	3
5.4 修接单环热处理工艺 .....	4
6 技术要求 .....	4
6.1 外观要求 .....	4
6.2 尺寸公差要求 .....	4
6.3 力学性能要求 .....	5
6.4 金相组织要求 .....	5
7 试验方法 .....	5
7.1 外观试验 .....	5
7.2 尺寸公差试验 .....	6
7.3 力学性能试验 .....	6
7.4 金相组织试验 .....	6
8 环保要求 .....	6
8.1 淬火废液处理 .....	6
8.2 废气排放控制 .....	7

## 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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

# 矿用高强度圆环链热处理技术规范

## 1 范围

本文件规定了矿用高强度圆环链热处理的总体要求、热处理参数要求、技术要求、试验方法及环保要求。

本文件适用于矿用高强度圆环链的退火处理、调质热处理及修接单环热处理。

## 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 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 224 钢的脱碳层深度测定法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 6402 钢锻件超声检测方法
- GB/T 7232 金属热处理工艺术语
- GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级
- GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- GB/T 12606 铁磁性钢铁工件漏磁探伤方法
- GB/T 12718 矿用高强度圆环链
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 18920 城市污水再生利用 城市杂用水水质
- YB/T 5338 钢中残余奥氏体定量测定 X射线衍射仪法

## 3 术语和定义

GB/T 7232界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**矿用高强度圆环链** mining high-strength round link chain

用于矿山机械牵引、提升等工况，承受高强度载荷的闭环式链条组件。

### 3.2

**修接单环** repaired single link

对存在局部缺陷（非致命性）的圆环链单环进行修复后，需单独进行针对性热处理的链环。

### 3.3

**回火索氏体** tempered sorbite

调质热处理后形成的铁素体与细粒状渗碳体组成的混合组织，具有优良的强韧性综合性能。

## 3.4

**脱碳层 decarburized layer**

圆环链表面因热处理过程中碳元素流失形成的低碳层,其深度为表面至碳含量恢复正常区域的距离。

## 4 总体要求

## 4.1 原材料要求

进行热处理的圆环链用钢的常用钢材牌号及化学成分如表1所示。

表1 圆环链用钢的常用钢材牌号及化学成分(质量分数)/%

牌号	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	P	S
20Mn2A	0.17~0.24	0.17~ 0.37	1.40~ 1.80	—	—	—	—	≤0.025	≤0.025
23MnNiMo Cr54	0.20~0.26	≤0.25	1.10~ 1.40	0.90~ 1.10	0.40~ 0.60	0.50~ 0.60	—	≤0.020	≤0.020
20MnV	0.17~0.23	0.17~ 0.37	1.20~ 1.60	—	—	—	0.07~ 0.12	≤0.025	≤0.025
25MnV	0.22~0.28	0.17~ 0.37	1.30~ 1.70	—	—	—	0.07~ 0.12	≤0.020	≤0.020

## 4.2 设备要求

## 4.2.1 加热设备

加热设备具体要求如下:

a) 退火炉:采用连续式燃气或电加热炉,炉体有效长度≥12m,分区数量12~16个,温度控制精度±5℃,炉内温度均匀性≤±10℃,配备红外测温仪和炉门连锁装置;

b) 淬火加热设备:采用中频感应加热炉,功率≥150kW,频率500Hz~800Hz,加热速率可在50℃/min~150℃/min范围内连续调节,设置过载保护、漏电保护装置,配备闭环温度控制系统,实时监控链环表面与心部温差≤30℃;

c) 回火炉:采用箱式或连续式回火炉,温度控制范围500℃~700℃,控温精度±5℃,保温区长度≥6m。

## 4.2.2 冷却设备

a) 淬火冷却槽:有效容积≥5m<sup>3</sup>,配备机械搅拌装置、自动温度控制系统、温度超温保护及液位报警装置;

b) 回火冷却系统:采用水冷循环系统,冷却水量≥10m<sup>3</sup>/h,出水温度≤40℃,配备水质过滤装置,符合GB/T 18920规定的三级过滤工艺。

## 4.2.3 表面清理设备

表面清理设备包括喷砂设备和钢丝刷清理机。

## 4.3 工件要求

## 4.3.1 外观检查

热处理前,链环不得有裂纹、变形、未焊透、夹渣等缺陷,尺寸偏差应符合 GB/T 12718要求;不合格品应进行隔离标识,禁止进入热处理流程。

## 4.3.2 表面清理

热处理前,表面清洁度≥GB/T 8923.1中Sa2½级要求。

## 4.3.3 装炉准备

将合格链环均匀悬挂于专用料架,链环间距≥20mm,避免堆叠、缠绕或直接接触炉壁,装炉量不得超过设备额定装载量的80%。

#### 4.4 车间环境要求

车间环境要求如下：

- a) 温度5℃~35℃，相对湿度≤85%；
- b) 地面无积水、油污，采用防滑地面材料，设置排水沟和油污收集槽；
- c) 车间内噪声≤85dB (A)；
- d) 车间划分加热区、冷却区、检测区、废料区，各区之间设置安全隔离带，悬挂明显的安全警示标识；
- e) 消防通道畅通，配备干粉灭火器、消防沙，消防器材，定期检查。

### 5 热处理参数要求

#### 5.1 热处理分类

热处理分类如下：

- a) 退火工艺：适用于冷加工前或修接前预处理；通过退火处理降低圆环链硬度，改善冷加工塑性和切削性能，消除铸造、锻造或焊接过程中产生的内应力，为后续冷加工或修接工序奠定基础；
- b) 调质热处理工艺：最终热处理；通过“中频感应加热连续淬火+高温回火”的复合工艺，使圆环链获得均匀分布的回火索氏体组织，实现高强度与高韧性的良好匹配，满足矿山机械牵引、提升等工况下的高强度载荷要求；
- c) 修接单环热处理工艺：适用于修接单环的局部修复（如补焊、打磨）；通过针对性热处理消除修复过程中产生的内应力，使修接部位组织与基体组织一致，力学性能达到同批次合格链环水平。

#### 5.2 退火工艺

##### 5.2.1 工艺流程

退火工艺流程为分区梯度加热、分段（高温、低温）保温。采用连续式燃气或电加热炉进行。

##### 5.2.2 工艺参数

退火工艺具体参数如表2所示。

表2 退火工艺具体参数

工艺阶段	温度范围 /℃	保温时间 /h	升温速率 /(℃/h)	冷却方式
加热段	室温~710	-	≤150	-
高温均热段	700~710	1~2	-	-
低温均热段	650~670	4~6	-	-
缓冷段	550~600	-	-	出炉空冷至室温

#### 5.3 调质热处理工艺

##### 5.3.1 工艺流程

调质热处理工艺流程为连续淬火、高温回火。采用中频感应加热炉、箱式或连续式回火炉进行。

##### 5.3.2 工艺参数

不同规格圆环链的调质热处理工艺具体参数如表3所示。

表3 调质热处理工艺具体参数

链环规格（ $\phi \times$ 节距）/（mm $\times$ mm）	淬火温度/℃	保温时间 /min	淬火介质	回火温度 /℃	保温时间 /min	冷却方式
18 $\times$ 64~22 $\times$ 86	880~900	20~30	5%盐水（20~30℃）	580~600	30~40	水冷至室温
24 $\times$ 86~30 $\times$ 108	890~910	30~40	5%盐水（20~30℃）	590~610	40~50	水冷至室温

32×126~38×144	900~920	40~50	水淬 (20~30℃)	600~620	50~60	水冷至室温
40×152~48×152	910~930	50~60	水淬 (20~30℃)	610~630	60~70	水冷至室温

#### 5.4 修接单环热处理工艺

##### 5.4.1 工艺流程

修接单环热处理工艺流程为预热、高温快速加热、回火。采用中频感应加热炉、箱式或连续式回火炉进行。

##### 5.4.2 工艺参数

修接单环热处理中应根据不同材质和成分特性适配其工艺参数，具体工艺参数如表4所示。

表4 修接单环热处理工艺具体参数

材质	预热温度 /℃	升温速率 / (℃/h)	淬火温度/℃	淬火介质	回火温度 /℃	保温时间 /min	冷却方式
23MnNiMoCr54	400~450	≤100	930~950	5%盐水 (20~30℃)	400~420	40~50	水冷至室温
20Mn2A	390~430	≤100	910~930	5%盐水 (20~30℃)	550~570	35~45	水冷至室温
20MnV	390~430	≤100	910~930	5%盐水 (20~30℃)	570~590	35~45	水冷至室温
25MnV	400~440	≤100	920~940	5%盐水 (20~30℃)	580~600	38~48	水冷至室温

##### 5.4.3 特殊情况

特殊情况处理如下：

a) 修接部位厚度>5mm：所有材质预热温度提高10℃~20℃，预热保温时间延长10min~15min，淬火温度提高5℃~10℃，确保心部充分奥氏体化；回火保温时间延长10min；

b) 补焊面积>链环表面积1/3：采用“整体预热+整体淬火+整体回火”工艺，参数参照同规格链环调质热处理工艺（表3）；

c) 低温环境（车间温度<5℃）修接：热处理前将修接单环在20℃~30℃环境中预热2h，避免低温装炉导致热冲击；淬火后冷却至室温后，立即转入回火炉，不得在低温环境中停留超过30min，防止裂纹产生；

d) 重复修接链环：同一链环修接次数不得超过2次，第二次修接时，预热温度提高20℃，淬火温度提高10℃，回火保温时间延长15min；若第二次修接后性能仍不达标，直接作报废处理。

## 6 技术要求

### 6.1 外观要求

热处理后外观要求如下：

a) 链环表面无烧伤，无局部过热导致的蓝黑色氧化斑；

b) 所有链环（含修接单环）磁粉探伤符合 GB/T 12606 I级要求，无可见有害磁痕显示；

c) 修接单环补焊面积≥链环表面积1/4时，超声波探伤（UT）符合 GB/T 6402 I级要求。

### 6.2 尺寸公差要求

热处理后链环的尺寸公差具体要求见表5，其中，修接单环尺寸公差需与同规格基体链环一致，偏差不得超出表中限值。

表5 热处理后尺寸公差要求

链环规格(φ×节距) / (mm×mm)	直径偏差 (±mm)	节距偏差 (±mm)	内宽偏差 (±mm)	扭曲变形 (≤° / 节距)	直线度偏差 (≤mm/m)
18×64~22×86	0.3	0.5	0.6	1.2	1.0

24×86~30×108	0.3	0.5	0.7	1.3	1.2
32×126~38×144	0.4	0.6	0.8	1.4	1.3
40×152~48×152	0.4	0.6	0.9	1.5	1.5

### 6.3 力学性能要求

热处理后圆环链（含修接单环）的力学性能具体要求见表6。

表6 热处理后力学性能要求

材质	洛氏硬度 (HRC)	抗拉强度 (Rm) /MPa	屈服强度 (Re1) /MPa	断后伸长率(A) /%	-20℃冲击功 (AkV) /J	疲劳循环次数 (R=0.1) / 次
23MnNiMoCr54	34~38	≥1250	≥1000	≥13	≥45 (焊口)	≥5×10 <sup>4</sup>
20Mn2A	32~36	≥1200	≥950	≥12	≥38 (焊口)	≥3×10 <sup>4</sup>
20MnV	32~36	≥1200	≥950	≥12	≥40 (焊口)	≥3×10 <sup>4</sup>
25MnV	33~37	≥1250	≥1000	≥13	≥42 (焊口)	≥4×10 <sup>4</sup>

### 6.4 金相组织要求

#### 6.4.1 退火处理

退火处理后金相组织要求如下：

- 金相组织为粒状贝氏体和铁素体；
- 金相组织均匀，无带状偏析，晶粒尺寸≥7级；
- 表面脱碳层深度≤250 μm (20Mn2A/20MnV) 或≤220 μm (23MnNiMoCr54/25MnV)。

#### 6.4.2 调质热处理

所有材质调质热处理后，金相组织应为均匀分布的回火索氏体，无网状渗碳体、魏氏组织、马氏体等有害组织，具体要求见表7。

表7 调质热处理后金相组织要求

材质	碳化物球化率 (≥%)	残余奥氏体含量 (≤%)	晶粒尺寸 (≥级)	脱碳层深度 (≤ μm)	组织均匀性
23MnNiMoCr54	70	3	8	200	回火索氏体占比≥95%，无明显组织偏析，焊口处组织与基体差异≤5%
20Mn2A	65	6	7	250	回火索氏体占比≥90%，允许少量 (≤5%) 铁素体，无集中分布碳化物颗粒
20MnV	65	5	8	220	回火索氏体占比≥92%，V 碳化物弥散分布，无聚集现象
25MnV	70	4	8	200	回火索氏体占比≥95%，V 碳化物均匀分布，晶粒无明显长大

## 7 试验方法

### 7.1 外观试验

热处理后外观试验按以下步骤进行：

- a) 采用目视全检法；
- b) 按GB/T 12606执行；
- c) 按GB/T 6402执行。

## 7.2 尺寸公差试验

按GB/T 12718执行。

## 7.3 力学性能试验

力学性能试验如表8所示。

表8 力学性能试验

要求	试验方法
洛氏硬度 (HRC)	GB/T 230.1
抗拉强度 (Rm) /MPa	GB/T 228.1
屈服强度 (Re1) /MPa	GB/T 228.1
断后伸长率 (A) /%	GB/T 228.1
-20℃冲击功 (Ak <sub>v</sub> ) /J	GB/T 229
疲劳循环次数 (R=0.1) / 次	GB/T 12718

## 7.4 金相组织试验

### 7.4.1 退火处理

退火处理后金相组织要求如下：

- a) 按GB/T 13298执行；
- b) 按GB/T 6394执行；
- c) 按GB/T 224执行。

### 7.4.2 调质热处理

调质热处理金相组织试验如表9所示。

表9 调质热处理金相组织试验

要求	试验方法
碳化物球化率 (≥%)	GB/T 13298
残余奥氏体含量 (≤%)	YB/T 5338
晶粒尺寸 (≥级)	GB/T 6394
脱碳层深度 (≤ μm)	GB/T 224
组织均匀性	GB/T 13298

## 8 环保要求

### 8.1 淬火废液处理

淬火废液处理如下：

- a) 淬火废液处理需符合 GB 8978二级要求；
- b) 建设淬火废液回收系统，回收的淬火介质经处理达标后可循环使用，回收率≥80%。

## 8.2 废气排放控制

废气排放控制如下：

- a) 热处理过程中产生的废气（油烟、CO、NO<sub>x</sub>等）需经废气处理装置处理后排放，排放浓度符合GB 16297规定限值；
- b) 废气处理装置采用“吸附+催化燃烧”工艺，配备在线监测系统，实时监测油烟、CO、NO<sub>x</sub>排放浓度，监测数据保存期≥1年；
- c) 车间需安装强制通风系统，换气次数≥5次/h，确保车间内油烟浓度≤5mg/m<sup>3</sup>。