

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

汽车轻量化制造用高强度高韧性冷镦钢技 术要求

Technical requirements for high strength and high toughness cold heading steel for
automobile lightweight manufacturing

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类与牌号 2

 4.1 分类 2

 4.2 牌号表示方法 2

5 制造工艺 2

 5.1 冶炼 2

 5.2 连铸 3

 5.3 轧制 3

 5.4 热处理 3

6 技术要求 3

 6.1 化学成分 3

 6.2 力学性能 4

 6.3 冷顶锻性能 4

 6.4 低倍组织 4

 6.5 非金属夹杂物 4

 6.6 晶粒度 4

 6.7 脱碳层 4

 6.8 表面质量 5

 6.9 尺寸、外形及允许偏差 5

 6.10 淬透性 5

 6.11 有害物质限量 5

7 试验方法 5

 7.1 化学成分分析 5

 7.2 力学性能试验 5

 7.3 冷顶锻试验 5

 7.4 低倍组织检验 6

 7.5 非金属夹杂物检验 6

 7.6 晶粒度测定 6

 7.7 脱碳层测定 6

 7.8 表面质量检验 6

 7.9 尺寸、外形测量 6

 7.10 淬透性试验 6

 7.11 有害物质含量检测 6

8 检验规则 6

8.1 数值修约规则 6

8.2 检验分类 6

8.3 出厂检验 6

8.4 型式检验 6

8.5 组批规则 6

8.6 取样数量 6

8.7 判定规则 7

9 标志、包装、运输和贮存 7

9.1 标志 7

9.2 包装 7

9.3 运输 8

9.4 贮存 8

参考文献 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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

汽车轻量化制造用高强度高韧性冷镦钢技术要求

1 范围

本文件规定了汽车轻量化制造用高强度高韧性冷镦钢的分类与牌号、制造工艺、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。
本文件适用于汽车轻量化制造用高强度高韧性冷镦钢。

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 222 钢及合金 成品化学成分允许偏差
GB/T 223.82 钢铁 氢含量的测定 惰性气体熔融-热导或红外法
GB/T 224 钢的脱碳层深度测定法
GB/T 225 钢 淬透性的末端淬火试验方法（Jominy 试验）
GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
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 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
GB/T 1979 结构钢低倍组织缺陷评定 酸浸法和超声检测法
GB/T 2101 型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备
GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢多元素含量的测定火花放电原子发射光谱法（常规法）
GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
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 11261 钢铁 氧含量的测定 脉冲加热惰气熔融-红外线吸收法
GB/T 14981 热轧圆盘条尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
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 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法（常规方法）
GB/T 20125 低合金钢多元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法
GB/T 30512 汽车禁用物质要求
YB/T 081 冶金技术标准的数值修约与检测数值的判定
YB/T 5293 金属材料 顶锻试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

免退火冷镦钢 annealing-free cold heading steel

热轧状态即具有良好的塑性变形能力,无需进行球化退火处理即可直接进行冷镦成形的冷镦钢盘条。

3.2

非调质冷镦钢 non-quenched and tempered cold heading steel

在热轧或热锻状态下不经调质处理即能直接获得高强度和高韧性的冷镦用钢,其强化主要通过控轧控冷工艺获得。

3.3

耐延迟断裂性能 resistance to delayed fracture

钢材在静载荷作用下抵抗因氢致开裂而发生延迟断裂的能力,是高强度紧固件用冷镦钢的关键服役性能指标。

3.4

球化退火 spheroidizing annealing

将钢材加热至 $Ac_1 \sim Ac_3$ 之间的适当温度,保温后缓慢冷却,使钢材中的渗碳体球化,降低硬度、提高塑性,便于冷镦成型的热处理工艺。

4 分类与牌号

4.1 分类

按使用状态分为以下类别:

- a) 调质型冷镦钢: 需经调质处理(淬火+回火)后使用,适用于 10.9 级及以上高强度紧固件。
- b) 免退火型冷镦钢: 热轧状态即可直接冷镦成形,无需球化退火处理,适用于 8.8 级及以上紧固件。
- c) 非调质型冷镦钢: 热轧态经控轧控冷工艺直接获得所需力学性能,无需后续调质处理。

4.2 牌号表示方法

4.2.1 调质型冷镦钢

以“ML”(铆螺钢代号)+平均碳含量(以万分之几计)+主要合金元素符号及含量+“Q”(汽车轻量化代号)表示。合金元素含量表示方法应符合GB/T 221的规定。

示例: ML20MnTiBQ、ML35CrMoQ。

4.2.2 免退火型冷镦钢

以“ML”(铆螺钢代号)+平均碳含量(以万分之几计)+主要合金元素符号及含量+“M”(免退火代号)表示。合金元素含量表示方法应符合GB/T 221的规定。

示例: ML20BM、ML35BM。

注: 示例中“B”表示含硼,“M”表示免退火。

4.2.3 非调质型冷镦钢

以“MFT”(铆螺非调质钢代号)+紧固件强度等级(单位: 100 MPa)+“Q”(汽车轻量化代号)表示。

示例: MFT10Q(适用于 10.9 级紧固件)、MFT12Q(适用于 12.9 级紧固件)。

4.2.4 力学性能

牌号对应的力学性能等级应符合本文件第6.2条的规定。

5 制造工艺

5.1 冶炼

5.1.1 采用转炉或电炉冶炼,配合炉外精炼(LF 炉)+真空脱气(VD 炉或 RH 炉)工艺,确保钢水洁净度。冶炼过程中应严格控制有害元素含量,具体要求如下:

- a) 氢含量: 不大于 1.2 ppm;

- b) 氧含量：不大于 15 ppm；
 - c) 氮含量：不大于 80 ppm。
- 5.1.2 钢材化学成分应按本文件第 6.1 条的规定进行控制，熔炼过程中应做好成分微调，确保成品化学成分符合要求。

5.2 连铸

应采用连铸工艺，并采取有效措施控制中心偏析、缩孔等铸坯缺陷。

5.3 轧制

- 5.3.1 采用控轧控冷（TMCP）工艺，确保钢材晶粒细化至 7 级及以上。
- 5.3.2 非调质型冷镦钢通过添加 V、Nb、Ti 等微合金元素，利用析出强化和晶粒细化作用，实现高强度与高韧性的匹配。免退火冷镦钢通过精准控冷和轧后时效手段，使热轧态塑性大幅提升，可免去下游用户的球化退火工序。
- 5.3.3 热轧盘条的尺寸、外形应符合 GB/T 14981 的 B 级精度要求，轧制过程中应避免产生表面缺陷。

5.4 热处理

- 5.4.1 调质型冷镦钢：可按需方要求进行球化退火处理，球化率不低于 85%，退火后硬度应符合本文件第 6.2 条的规定；未要求球化退火的，按热轧状态交货。
- 5.4.2 免退火型冷镦钢：热轧后采用控冷工艺直接交货，无需进行球化退火处理，交货状态硬度应符合本文件第 6.2 条的规定。
- 5.4.3 非调质型冷镦钢：热轧后采用控冷工艺直接交货，无需进行调质处理，交货状态力学性能应符合本文件第 6.2 条的规定。
- 5.4.4 热处理过程应做好温度、保温时间等参数记录，留存备查。

6 技术要求

6.1 化学成分

6.1.1 通则

钢材的熔炼分析化学成分（质量分数）应符合表1的规定，成品分析化学成分允许偏差应符合GB/T 222的规定。

表1 牌号与化学成分（%）

牌号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	V	B	Alt
ML20MnTiBQ	0.17~0.23	≤0.30	1.20~1.60	≤0.015	≤0.010	—	—	0.02~0.06	—	0.0005~0.0030	≥0.020
ML35CrMoQ	0.32~0.38	≤0.30	0.60~0.90	≤0.015	≤0.010	0.80~1.20	0.15~0.25	—	—	—	≥0.020
MFT10Q	0.22~0.28	≤0.30	1.20~1.60	≤0.015	≤0.010	—	—	—	0.08~0.15	—	≥0.020
MFT12Q	0.25~0.32	≤0.30	1.30~1.70	≤0.015	≤0.010	—	—	—	0.10~0.18	—	≥0.020
ML20BM	0.18~0.23	≤0.30	0.60~0.90	≤0.020	≤0.020	≤0.30	—	—	—	0.0005~0.0030	≥0.020
ML35BM	0.32~0.38	≤0.30	0.60~0.90	≤0.020	≤0.020	≤0.30	—	—	—	0.0005~0.0030	≥0.020
注：表中“—”表示该元素不添加或含量未作规定，其残余含量应符合相关冶炼标准要求。免退火冷镦钢的铬含量可根据供需双方协商调整。											

6.1.2 杂质元素控制

为保证钢材的冷成型性能和韧性，Mn/S比值应不低于40。残余元素中，铜含量应不大于0.20%，镍含量应不大于0.20%。

6.2 力学性能

钢材交货状态的力学性能应符合表2的规定。

表2 力学性能要求

牌号	交货状态	抗拉强度 R _m /MPa	屈服强度 ReL/MPa	断后伸长率 A/%	断面收缩率 Z/%	-20℃冲击功 KV ₂ /J	硬度
ML20MnTiBQ	热轧	≤700	≤540	≥20	≥40	≥34	80~95 HRB
ML35CrMoQ	热轧	≤1000	≤800	≥14	≥20	≥34	80~100 HRB
MFT10Q	热轧	800~1000	≤640	≥16	≥45	≥27	85~95 HRB
MFT12Q	热轧	1000~1200	≤1000	≥14	≥40	≥27	90~100 HRB
ML20BM	热轧	≤500	≤400	≥18	≥50	—	≤85 HRB
ML35BM	热轧	≤570	≤480	≥16	≥45	—	≤92 HRB
注：冲击试验温度可根据供需双方协商确定其他温度。免退火型冷锻钢一般不进行冲击试验。							

6.3 冷顶锻性能

按YB/T 5293执行。试样应在室温条件下压缩至规定高度（顶锻率要求：免退火型盘条应达到1/3冷顶锻合格，调质型和非调质型冷锻钢应达到1/2冷顶锻合格），顶锻后试样表面无裂纹、无折叠、无断裂，即为合格。

6.4 低倍组织

钢材的低倍组织按GB/T 226执行，采用酸蚀法检验。检验结果应符合以下要求：

- a) 不得有缩孔、气泡、裂纹、夹杂、白点等目视可见的缺陷；
- b) 一般疏松、中心疏松和偏析应不大于2.0级；
- c) 对于10.9级及以上高强度紧固件用钢，中心偏析级别应不大于1.5级。

6.5 非金属夹杂物

钢材的非金属夹杂物按GB/T 10561执行，采用A法（最差视场法）进行评级。各类夹杂物的级别应符合表3的规定。

表3 非金属夹杂物要求

夹杂物类型	A类（硫化物）	B类（氧化铝）	C类（硅酸盐）	D类（球状氧化物）	DS类（单颗粒球状夹杂物）
细系	≤1.5	≤1.5	≤1.0	≤1.5	—
粗系	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.5
注：对于10.9级及以上高强度紧固件用钢，B类夹杂物粗系和细系均不应大于1.0级。					

6.6 晶粒度

钢材的平均晶粒度按GB/T 6394执行，晶粒度等级不低于7级，晶粒均匀细小，无明显晶粒粗大现象。同一炉钢的晶粒度级别差不应大于2级。

6.7 脱碳层

钢材的脱碳层深度按GB/T 224执行，总脱碳层深度（全脱碳层+部分脱碳层）应符合表4的规定。如需严格控制脱碳层，经供需双方协商可约定更严格的要求。

表4 脱碳层深度要求

规格 Φ mm	总脱碳层深度（单侧）
≤10	≤100 μm
>10~20	≤1.0%D

规格 ϕ mm	总脱碳层深度（单侧）
>20	$\leq 0.8\%D$
注：D为盘条公称直径，单位为毫米（mm）。	

6.8 表面质量

- 6.8.1 热轧盘条表面应无裂纹、折叠、结疤、耳子、夹杂等缺陷，表面光滑，无明显凹凸不平。
- 6.8.2 允许存在深度不大于 0.1 mm、宽度不大于 0.5 mm 的轻微划痕，且划痕长度不超过盘条公称直径的 3 倍，不影响冷镦成型和使用性能。
- 6.8.3 盘条表面的氧化铁皮应易于去除，不应影响后续加工和使用性能。
- 6.8.4 如需进行表面防锈处理，经供需双方协商确定处理方式（如磷化、镀锌等）。

6.9 尺寸、外形及允许偏差

- 6.9.1 热轧盘条的尺寸、外形及允许偏差应符合 GB/T 14981 的 B 级精度要求。公称直径允许偏差为 ± 0.15 mm，不圆度不大于 0.20 mm。
- 6.9.2 盘条的盘径、盘重由供需双方协商确定。每盘盘条应由一整根轧制而成，最小盘重应符合表 5 的规定。

表5 最小盘重要求

公称直径 d/mm	最小盘重/kg
$d \leq 10$	≥ 500
$10 < d \leq 20$	≥ 800
$20 < d \leq 30$	≥ 1000
$d > 30$	≥ 1200

6.10 淬透性

经供需双方协商，并在合同中注明，调质型冷镦钢（含合金冷镦钢和含硼冷镦钢）应进行末端淬透性试验（Jominy试验）。推荐的淬火温度及距淬火端部不同距离处的洛氏硬度值应符合表6的规定。

表6 调质型冷镦钢的末端淬透性

牌号	推荐淬火温度/℃	距淬火端部不同距离（mm）的硬度，HRC								
		3	5	7	9	11	13	15	20	25
ML20MnTiBQ	880 ± 5	40-48	38-47	30-46	20-44	≤ 39	—	—	—	—
ML35CrMoQ	850 ± 5	49-57	48-57	45-56	42-55	39-54	36-53	34-52	30-48	28-45
注：公称直径小于30mm的钢材，允许在中间坯上取样进行实测。										

6.11 有害物质限量

钢材中有害物质限量应符合GB/T 30512的规定。

7 试验方法

7.1 化学成分分析

- 7.1.1 化学成分分析按 GB/T 20066、GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 20125 及供需双方协商的方法执行。
- 7.1.2 氧含量按 GB/T 11261 测定；氢含量按 GB/T 223.82 测定；氮含量按 GB/T 20124 测定。

7.2 力学性能试验

拉伸试验按GB/T 228.1、GB/T 2975执行；冲击试验按GB/T 229执行；硬度试验按GB/T 230.1或GB/T 231.1执行。

7.3 冷顶锻试验

按YB/T 5293执行。

7.4 低倍组织检验

按GB/T 226和GB/T 1979执行。

7.5 非金属夹杂物检验

按GB/T 10561（A法）执行。

7.6 晶粒度测定

按GB/T 6394执行。

7.7 脱碳层测定

按GB/T 224执行。

7.8 表面质量检验

采用目视检验，必要时用10倍放大镜辅助检验。

7.9 尺寸、外形测量

按GB/T 14981执行。

7.10 淬透性试验

按GB/T 225（末端淬火法）执行。

7.11 有害物质含量检测

按GB/T 30512及相关标准执行。

8 检验规则

8.1 数值修约规则

检测数据的修约按GB/T 8170和YB/T 081的规定执行。

8.2 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

8.3 出厂检验

出厂检验项目包括：化学成分、抗拉强度、冷顶锻性能、表面质量、尺寸及允许偏差。调质型冷镦钢（含合金冷镦钢和含硼冷镦钢）还应进行淬透性检验。每批钢材均应进行出厂检验。

8.4 型式检验

型式检验项目包括本文件的全部技术要求。有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品投产或老产品转产时；
- b) 正式生产后，材料、工艺有较大改变可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时，每两年至少进行一次；
- d) 停产一年以上恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

8.5 组批规则

同一牌号、同一炉号、同一规格、同一交货状态、同一冶炼工艺、同一轧制工艺的产品为一批。

8.6 取样数量

每批产品的取样数量应符合表7的规定。

表7 取样数量

检验项目	取样数量
化学成分（熔炼分析）	每炉取1个样
化学成分（成品分析）	每批取1个样
拉伸试验	每批取3个试样
冲击试验	每批取3个试样
硬度试验	每批取2个试样
冷顶锻试验	每批取1个试样
低倍组织检验	每批取1个试样
非金属夹杂物检验	每批取1个试样
晶粒度测定	每批取1个试样
脱碳层测定	每批取1个试样
淬透性试验	每批取1个试样（按需）
尺寸测量	逐盘（逐根）检验
表面质量检验	逐盘（逐根）检验

8.7 判定规则

- 8.7.1 每批产品经检验，所有项目均符合本文件要求的，判定为合格。
- 8.7.2 当某项检验结果不合格时，应从同一批产品中加倍取样进行复验，复验项目为不合格项目。
- 8.7.3 复验结果全部合格，则该批产品合格；若复验结果仍有 1 个及以上试样不合格，则该批产品不合格。
- 8.7.4 冲击试验若有 1 个试样不合格，允许再取 3 个试样进行复验；复验结果全部合格则该批产品合格，若仍有 1 个及以上试样不合格，则该批产品不合格。
- 8.7.5 尺寸、表面质量检验不合格的，应逐盘（逐根）分选，不合格品不得交货。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

- 9.1.1 每捆或每轴产品应悬挂牢固的标签，标签采用防水、耐磨材料制作，注明以下信息：
- a) 供方名称和联系方式；
 - b) 本文件编号；
 - c) 产品牌号；
 - d) 公称直径及精度级别；
 - e) 炉号、批号；
 - f) 交货状态；
 - g) 重量及件数；
 - h) 生产日期及检验合格章。
- 9.1.2 包装外表面应清晰标注“防潮”“防锈”“轻放”等警示标志。
- 9.1.3 经供需双方协商，可采用颜色标志区分牌号和性能等级。推荐的颜色标志见表 8。

表8 推荐的颜色标志

性能等级	颜色标志
8.8级	白色
9.8级	黄色
10.9级	绿色
12.9级	红色

9.2 包装

- 9.2.1 盘条的包装应符合 GB/T 2101 的规定。
- 9.2.2 热轧盘条采用捆扎包装，每捆用钢带捆扎牢固，捆扎点数不少于 4 点，每捆重量不大于 1.5 t。
- 9.2.3 包装材料应符合防潮、防锈要求，包装外覆盖防水纸或塑料膜，防止运输和贮存过程中锈蚀。

9.2.4 如需特殊包装，经供需双方协商确定。

9.3 运输

产品采用汽车、火车等运输方式，运输过程中应避免碰撞、挤压、雨淋、受潮，防止表面损伤和锈蚀。运输车辆应清洁、干燥，无腐蚀性物质。

9.4 贮存

产品应贮存在干燥、通风、清洁的库房内，远离腐蚀性物质，堆放整齐，避免与地面直接接触（可垫放枕木），防止锈蚀和变形。贮存期限不宜超过6个月，超过期限的产品，应重新检验，合格后方可使用。

参 考 文 献

- [1] GB/T 6478 冷镦和冷挤压用钢
 - [2] GB/T 3098.22 紧固件机械性能 细晶非调质钢螺栓、螺钉和螺柱
 - [3] T/CSTA 0157 新能源汽车用高强度冷镦钢盘条
-