

ICS 77.140.35
CCS H75

T/CIAD

团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

热作模具钢

Hot Work Tool Steel

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国城乡发展国际交流协会 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 分类与牌号	1
5 技术要求	2
6 实验方法	5
7 检验规则	6
8 标志、包装、运输和贮存	7
附录 A（规范性） 物理性能参考值	9
附录 B（资料性） 典型热处理工艺	10
附录 C（资料性） 牌号对照表	11

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。

本文件由华林特钢集团有限公司提出。

本文件由中国城乡发展国际交流协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

热作模具钢

1 范围

本文件规定了热作模具钢的术语和定义、分类与牌号、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于采用电炉冶炼、感应炉冶炼、炉外精炼、真空脱气、缓冷退火、电渣重熔或真空电弧重熔等工艺生产的热作模具钢，包括钢锭、锻材、轧材及其制品。

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 223 钢铁及合金化学分析方法
- GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀试验法
- 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
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验
- GB/T 702 热轧圆钢尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 908 锻制圆钢尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定
- GB/T 11261 钢铁 氧含量的测定
- GB/T 1299 工模具钢
- GB/T 20124 钢铁 氮含量的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热作模具钢 Hot Work Tool Steel
在 $\geq 300^{\circ}\text{C}$ 条件下工作的模具钢。

3.2

纯净度 Cleanliness
钢中夹杂物及气体含量水平。

3.3

超级纯净级 Super Clean Grade
采用电渣重熔或真空电弧重熔等工艺生产，具有极低夹杂物和气体含量的模具钢。

3.4

等向性 Isotropy
钢材在不同方向上力学性能一致性的程度。

4 分类与牌号

4.1 分类

按冶金质量分为：
——普通级（P级）；

- 优质级（E级）；
- 超级纯净级（S级）。

4.2 牌号

本文件适用的主要牌号包括：4Cr5MoSiV1、4Cr5MoSiV、4Cr5W2VSi、3Cr3Mo3W2V、3Cr2W8V等。

5 技术要求

5.1 外观与尺寸

5.1.1 外观

钢材表面不应有裂纹、折叠、夹杂等缺陷。

5.1.2 尺寸

应符合GB/T 702、GB/T 908规定。

5.2 化学成分

4Cr5MoSiV1钢的化学成分应符合表1规定，其他牌号应符合GB/T 1299规定。

表1 化学成分（质量分数，%）

元素	普通级	优质级	超级纯净级
C	0.32~0.42	0.36~0.40	0.37~0.39
Si	0.80~1.20	0.85~1.10	0.90~1.10
Mn	0.20~0.50	0.25~0.40	0.30~0.40
P	≤0.030	≤0.015	≤0.010
S	≤0.020	≤0.005	≤0.003
Cr	4.75~5.50	4.90~5.30	4.95~5.20
Mo	1.10~1.75	1.20~1.40	1.25~1.35
V	0.80~1.20	0.85~1.05	0.90~1.00
Al	≤0.050	≤0.030	≤0.020
Ti	≤0.030	≤0.020	≤0.010
Cu	≤0.30	≤0.20	≤0.15
Ni	≤0.30	≤0.25	≤0.20

5.3 纯净度

非金属夹杂物应符合表2规定。

表2 非金属夹杂物级别

夹杂物类型	普通级（P级）	优质级（E级）	超级纯净级（S级）	夹杂物类型
A类（硫化物）细系	≤1.5	≤1.0	≤0.5	A类（硫化物）细系
A类（硫化物）粗系	≤1.0	≤0.5	≤0.5	A类（硫化物）粗系
B类（氧化铝）细系	≤2.0	≤1.0	≤0.5	B类（氧化铝）细系
B类（氧化铝）粗系	≤1.5	≤1.0	≤0.5	B类（氧化铝）粗系
C类（硅酸盐）细系	≤1.5	≤1.0	≤0.5	C类（硅酸盐）细系
C类（硅酸盐）粗系	≤1.0	≤0.5	≤0.5	C类（硅酸盐）粗系
D类（球状氧化物）细系	≤2.0	≤1.5	≤1.0	D类（球状氧化物）细系
D类（球状氧化物）粗系	≤1.5	≤1.0	≤0.5	D类（球状氧化物）粗系
DS类（单颗粒球状）	≤2.0	≤1.5	≤1.0	DS类（单颗粒球状）

注：评定应在100倍放大倍数下进行，取最差视场作为评定结果。

5.4 气体含量

气体含量应符合表3规定。

表 3 气体含量

气体元 (PPM)	普通级 (P级)	优质级 (E级)	超级纯净级 (S级)
氧 [O]	≤20	≤15	≤10
氮 [N]	≤150	≤100	≤80
氢 [H]	≤2.0	≤1.5	≤1.0

5.5 低倍组织

低倍组织应符合表4规定。

表 4 低倍组织

缺陷类型	普通级 (P级)	优质级 (E级)	超级纯净级 (S级)
中心疏松	≤2.0级	≤1.5级	≤1.0级
一般疏松	≤2.0级	≤1.5级	≤1.0级
锭型偏析	≤2.0级	≤1.5级	≤1.0级
斑点状偏析	≤1.5级	≤1.0级	≤0.5级
中心裂纹	不应有	不应有	不应有
中间裂纹	不应有	不应有	不应有
皮下气泡	不应有	不应有	不应有

5.6 显微组织

5.6.1 退火态组织

退火态组织应符合表5的规定。

表 5 退火态显微组织

项目	技术要求
球化组织	球化率≥85%，碳化物网≤级
带状组织	P级≤级；E级≤1.5级；S级≤1级
晶粒度	P级≥5级；E级≥6级；S级≥7级

5.6.2 淬火回火态组织

淬火回火态组织应符合表6的规定。

表 6 淬火回火态显微组织

项目	技术要求
淬火组织	马氏体组织均匀，无明显未溶碳化物聚集
回火组织	回火索氏体或回火托氏体，碳化物弥散分布
晶粒度	P级≥7级；E级≥8级；S级≥9级

5.7 力学性能要求

5.7.1 硬度

应符合表7规定。

表 7 硬度要求

交货状态	普通级 (P级)	优质级 (E级)	超级纯净级 (S级)
退火态, HBW	≤229	≤225	≤220
淬火+回火态, HRC	44~52	44~52	45~51

5.7.2 冲击韧性

应符合表8规定。

表 8 冲击韧性

规格	P级	E级	S级
≤100mm	≥13J	≥16J	≥20J
100~200mm	≥11J	≥14J	≥18J
200~300mm	≥9J	≥12J	≥16J

5.7.3 高温性能

应符合表9规定。

表 9 高温性能

性能指标	测试温度	普通级 (P级)	优质级 (E级)	超级纯净级 (S级)
高温硬度HRC	500℃	≥40	≥42	≥43
高温硬度HRC	550℃	≥35	≥37	≥38
高温屈服强度 $R_{p0.2}$, MPa	500℃	≥800	≥850	≥900
热稳定性 (600℃×4h)	-	硬度下降≤4HRC	硬度下降≤3HRC	硬度下降≤2HRC

5.7.4 等向性

优质级 (E级) 和超级纯净级 (S级) 钢材应进行等向性检验, 其性能比值应符合表10的规定。

表 10 等向性要求

项目	E级	S级	试验方法
抗拉强度比值	≥0.95	≥0.95	按GB/T 228.1测定
屈服强度比值	≥0.95	≥0.95	按GB/T 228.1测定
延伸率比值	≥0.85	≥0.90	按GB/T 228.1测定
冲击韧性比值	≥0.70	≥0.80	按GB/T 229测定

5.8 使用寿命

5.8.1 热疲劳性能

应符合表11规定。

表 11 热疲劳性能

等级	裂纹萌生次数	扩展速率 ($\mu\text{m}/\text{次}$)
P级	≥3000次	≤0.1
E级	≥5000次	≤0.05
S级	≥8000次	≤0.03

5.8.2 使用寿命

应符合表12规定。

表 12 使用寿命

模具类型	P级	E级	S级
铝合金压铸模	≥8万	≥15万	≥25万
镁合金压铸模	≥6万	≥12万	≥20万
铜合金压铸模	≥3万	≥6万	≥10万
热锻模	≥5000件	≥10000件	≥20000件
热挤压模 (吨)	≥500	≥1000	≥2000

注: 寿命指标用于性能评价, 不作为产品验收依据。

5.9 物理性能要求

物理性能参数见表A.1, 仅供参考, 不作为验收依据。

6 实验方法

6.1 外观与尺寸

6.1.1 外观质量检验

目视检查。

6.1.2 尺寸

采用通用量具（如游标卡尺、千分尺、钢卷尺等）进行测量。

6.2 化学成分分析

化学成分应按GB/T 223规定的方法进行检测。

6.3 纯净度

非金属夹杂物应按GB/T 10561规定的方法进行检验。

6.4 气体含量测定

气体含量测量方法如下：

- 氧含量应按 GB/T 11261 进行测定；
- 氮含量应按 GB/T 20124 进行测定；
- 氢含量应按相关标准方法进行测定。

6.5 低倍组织检验

低倍组织应按GB/T 226规定的方法进行酸蚀检验。

6.6 显微组织检验

6.6.1 退火态组织

退火态组织检测方法如下：

- 球化组织应按 GB/T 1299 规定的方法进行评级；
- 带状组织应按 GB/T 13299 规定的方法进行检验；
- 晶粒度应按 GB/T 6394 规定的方法进行测定。

6.6.2 淬火回火态组织

淬火组织和回火组织应采用金相检验方法进行观察，晶粒度应按GB/T 6394规定的方法进行测定。

6.7 力学性能

6.7.1 硬度试验

硬度试验应按GB/T 231.1或GB/T 230.1规定的方法进行。

6.7.2 冲击试验

冲击试验应按GB/T 229规定的方法进行，试样应采用横向取样。

6.7.3 高温性能试验

高温性能试验应在第5章规定的温度条件下进行，在各规定温度点测定材料的洛氏硬度（HRC）值及高温屈服强度（ $R_{p0.2}$ ），并在600℃保温4h后测定硬度变化值以评价其热稳定性。

6.7.4 等向性检验

按GB/T 228.1规定进行实验。

6.8 热疲劳试验

热疲劳性能应采用热疲劳试验机进行测试。

试样应按相关标准制备，并在试验前进行表面处理，确保表面状态一致。

试验过程中，试样应在200 °C~700 °C之间进行循环加热与冷却，其中最高温度为700 °C，最低温度为200 °C。

试验应连续进行热循环加载，直至试样表面产生长度为0.5 mm的裂纹为止，记录此时的循环次数作为热疲劳性能评价指标。

6.9 使用寿命验证

使用寿命可通过实际工况统计或模拟试验进行验证。

7 检验规则

7.1 组批规则

钢材应按熔炼炉号和热处理批次进行组批，同一炉号、同一牌号、同一规格、同一热处理状态的钢材为一批，每批重量不应大于60t。

7.2 抽样规则

7.2.1 取样原则

试样应从具有代表性的部位截取，取样位置应符合相关标准规定，并应避免缺陷部位。

7.2.2 取样数量与位置

各项检验的取样数量与位置应符合表x的规定。

表 13 抽样数量与取样位置

检验项目	取样数量	取样位置
化学成分	每炉1个	钢锭或成品
气体含量	每批不少于2个	1/2半径或1/4厚度处
非金属夹杂物	每批不少于2个	横向取样
低倍组织	每批不少于2个	头部和尾部
力学性能	每批不少于2个	1/2半径或1/4厚度处

7.3 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

7.3.1 出厂检验

出厂检验项目应包括：

- 外观质量；
- 尺寸与外形；
- 化学成分；
- 硬度。

根据用户要求或产品等级，可增加以下项目：

- 非金属夹杂物；
- 气体含量；
- 低倍组织；
- 显微组织；

7.3.2 型式检验

7.3.2.1 检验项目

型式检验项目应包括第5章规定的全部技术要求。

7.3.2.2 型式检验条件

在下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品试制或定型时；
- 生产工艺或原材料发生重大变化时；
- 停产一年以上恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 质量监督机构提出要求时。

7.4 复验与判定

7.4.1 复验规则

当检验结果不合格时，允许在同一批产品中加倍取样进行复验。

7.4.2 判定规则

复验结果全部合格，则判该批产品合格；复验结果仍有不合格项，则判该批产品不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

每批钢材应具有清晰、牢固的标志，标志内容应包括：

- 牌号；
- 质量等级（P级、E级、S级）；
- 熔炼炉号；
- 规格尺寸；
- 重量；
- 生产厂名称；
- 生产日期。

注：必要时，可采用标牌、喷印或其他方式进行标识。

8.2 质量证明文件

每批交货钢材应附有质量证明文件，质量证明文件应包括下列内容：

- 本文件编号；
- 产品牌号和等级；
- 化学成分（包括气体含量）；
- 非金属夹杂物检验结果；
- 低倍组织检验结果；
- 力学性能实测值；
- 热处理状态；
- 检验日期。

注：对于优质级（E级）和超级纯净级（S级）钢材，质量证明文件应提供完整的检验数据。

8.3 包装

包装应符合按GB/T 3199 规定。

注：棒材一般不进行涂油或垫纸包装，当需方有特殊要求时，应在订货单或合同中明确注明。

8.4 运输

钢材在运输过程中应采取必要的防护措施，防止受潮、锈蚀、污染及机械损伤，并按牌号、规格和等级分类运输，避免混料。

8.5 贮存

钢材应分类存放并设置明显标识，贮存环境应保持干燥、通风，防止受潮和锈蚀，在贮存期间应采取必要的防护措施，防止表面质量劣化。

附 录 A
(规范性)
物理性能参考值

表 A.1 物理性能参考值

性能指标	数值
密度, g/cm ³	7.8
弹性模量 (20℃), GPa	210~215
热膨胀系数 (20~500℃), 10 ⁻⁶ /K	12.5~13.5
热导率 (300~500℃), W/(m·K)	≥30
比热容, J/(kg·K)	460
临界点Ac1, °C	850~880
临界点Ac3, °C	890~920
临界点Ms, °C	310~350

附录 B
(资料性)
典型热处理工艺

B.1 退火工艺

退火工艺参数可参照下列要求：

- 加热温度：850 °C~870 °C；
- 保温时间：按有效厚度 1.5 min/mm~2.0 min/mm 计算；
- 冷却方式：炉冷至 500 °C 后空冷；

目标硬度：

- P 级：≤229 HBW；
- E 级：≤225 HBW；
- S 级：≤220 HBW。

B.2 淬火回火工艺

淬火回火工艺参数可参照下列要求：

- 预热温度：600 °C~650 °C，保温时间按 0.6 min/mm 计算；
- 淬火加热温度：1020 °C~1050 °C，保温时间按 0.4 min/mm 计算；
- 冷却方式：可采用油淬、高压气淬或盐浴淬火；
- 回火温度：560 °C~600 °C，宜进行两次回火，每次 2 h；

目标硬度：44 HRC~52 HRC

附 录 C
(资料性)
牌号对照表

C.1 国内外牌号对照表

表 C.1 热作模具钢国内外牌号对照

中国GB	美国AISI	德国DIN	日本JIS	瑞典ASSAB
4Cr5MoSiV1	H13	1.2344	SKD61	8407
4Cr5MoSiV	H11	1.2343	SKD6	-
3Cr2W8V	H21	1.2581	SKD5	-
4Cr5W2VSi	H12	1.2606	-	-

注：不同标准体系之间的牌号仅供参考，实际性能和应用应根据具体标准确定。