



钢铁之家

www.steels.org.cn

# 全球钢号百科!

Global Steel Grade Encyclopedia



涵盖的行业或国家与地区类别



美国材料与试验协会

GJB

国家军用标准



动力机械工程师协会

EU

前欧洲标准化

AISI

美国钢铁学会



德国工业标准

AMS

航空航天材料规范



国际标准

JASO

日本汽车标准组织

EN

欧洲标准

JB

中国机械行业标准

UNS

统一编号系统

UNI

意大利标准



美国机械工程师协会

SS

瑞典标准



国家标准



日本工业标准

# Caldie

## 改变工模具环境

在职场上,对工作材料的要求不断地提高和增多。因此引入了AHSS,先进高强度钢。这成型钢材必须能够承受更高的应力水平并承受更高的磨粒磨损和粘着磨损。很多时候必须涂覆工具以满足生产要求,即工具材料也必须是用于不同类型表面涂层的良好基底材料。

## 问题解决者

Caldie 是第一个电渣重熔改良产品针对严酷冷作应用而研发的。通过良好平衡的化学基质类型,纯净,均匀的微观结构,实现了抗压强度,耐磨性和抗崩角性/抗开裂性的优异组合。适当的热处理性能和高抗疲劳强度使Caldie成为表面涂层的理想基材。

## 一种多功能的工模具钢

Caldie的独特性能包括非常好的可焊性,可铸性,淬透性,可加工性和可磨性。这意味着Caldie为经济型工具制造,工具使用和维护提供了许多不同的选择,特别是对于较大的成型工具。

## 简介

Caldie为铬-钼-钒合金工具钢,其具备以下的特性:

- 非常优良的抗崩角抗开裂性能
- 良好的耐磨性
- 高温回火后的高硬度 (>60HRC)
- 良好的热处理尺寸稳定性
- 极佳的淬透性
- 良好的机械性能和磨削性能
- 极佳的抛光性
- 良好的表面处理性能
- 良好的抗回火软化性
- 非常好的线切割性能

典型成分%	C 0.7	Si 0.2	Mn 0.5	Cr 5.0	Mo 2.3	V 0.5
标准规格	无					
交货状态	软化退火至 215 HB					

## 应用

Caldie适合用作崩角和开裂为主要失效机理、对抗压强度高(硬度高于60HRC)的中短寿命模具。Caldie非常适合于工作环境苛刻的冷作模具,例如超高强度钢板的冲切和成形模具,这种模具既需要60HRC以上的硬度,又需要较高的抗开裂性能。

Caldie也非常适合作为基材钢,用于必须要或需要表面涂层的应用,非常好的抗崩角性和抗开裂性以及良好的耐磨性。

### 冷作模应用

- 需要高延展性和韧性的冲裁应用,以防止崩角/开裂
- 冷锻和成型操作需要高抗压强度和良好的抗崩角/开裂性能。
- 机械刀具
- 搓丝模具
- 表面涂层的基底材料

## 组件用钢的应用

Caldie可用于高抗压强度必须与高延展性/韧性相结合的工程应用。用于塑料和金属崩角的刀具和辊轧成形辊是很好的例子。

## 特性

以下性能测试试样取自 $\varnothing 102\text{mm}$ 棒材和 $203\times 80\text{mm}$ 板材的心部,除非另有说明,所有试样均为 $1025^\circ\text{C}$ 真空炉气淬, $525^\circ\text{C}$ 回火两次,每次两小时,硬度为60~61HRC。

### 物理性能

淬火和回火至 60–61 HRC。

温度	20 °C	200 °C	400 °C
密度 kg/m <sup>3</sup>	7 820	-	-
弹性模量 MPa	213 000	192 000	180 000
热膨胀系数 20°C起/°C	-	$11.6 \times 10^{-6}$	$12.4 \times 10^{-6}$
热传导系数 W/m°C	-	24	28
比热 J/kg°C	460	-	-

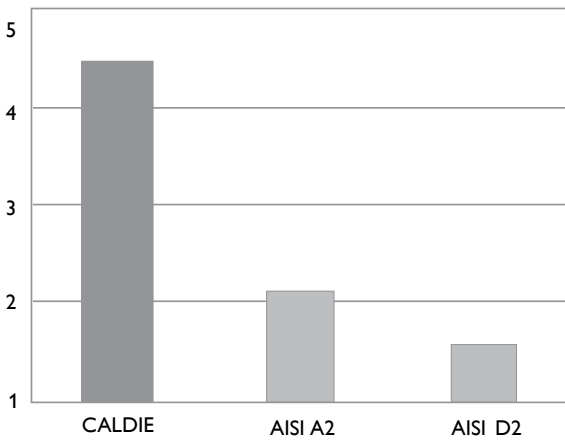
### 抗压强度

室温时硬度及对应的抗压强度近似值。

硬度 HRC	抗压屈服强度 R <sub>c 0.2</sub> MPa
58	2230
60	2350
61	2430

## 抗崩角性

Caldie, AISI A2和AISI D2抗崩角性能对比如下:



## 热处理

### 软性退火

在保护状态下,加热至820°C均温后(均温时间与工件尺寸有关),于炉中以每小时10°C的速度,冷却至650°C,然后于空气中冷却。

## 去应力回火

经过粗加工后,必须加热至650°C,保温2小时后,随炉冷却至500°C,然后置于空气中冷却,以去除残余应力。

## 淬火

预热温度:600 - 850°C和 850 - 900°C。在大尺寸时(横截面 >150 mm),建议增加第三阶段930°C预热。

奥氏体化温度: 1000 - 1050 °C,通常为1020°C在大尺寸时(横截面 >150 mm)。

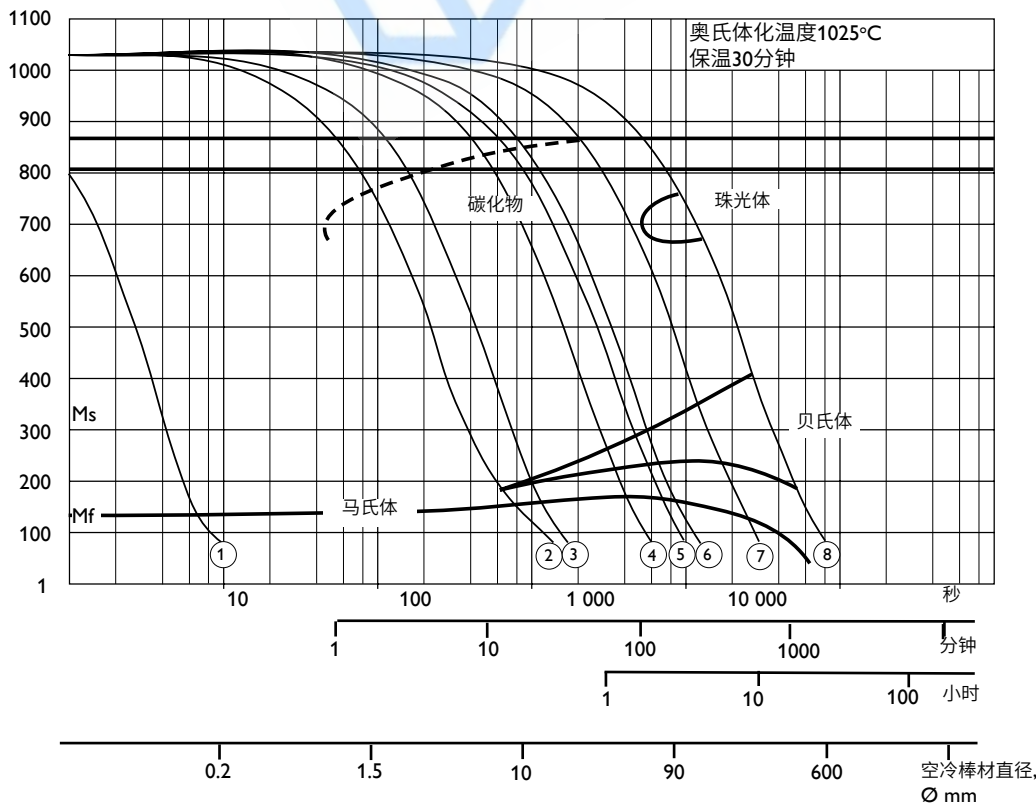
保温时间: 30 分钟(工件加热后几分钟)。

注:保温时间=工具充分加热至硬化温度后的时间。  
保温时间少于推荐时间将导致硬度损失。

模具在淬火过程中,必须加以保护以防止脱碳和氧化。

## CCT 曲线图

奥氏体化温度1025°C, 保温时间30分钟。  
°C



$A_{C1f} = 870\text{ }^{\circ}\text{C}$

$A_{C1s} = 805\text{ }^{\circ}\text{C}$

冷却曲线编号	硬度 HV 10	T <sub>800-500</sub> 秒
1	824	2
2	813	140
3	803	280
4	803	1 030
5	792	1 596
6	690	2 325
7	525	5 215
8	464	13 850

## 淬火介质

- 真空炉 (高速及充足过压气体不超过 2 bar)
- 在盐浴炉或流态炉中 200 - 550°C 分级淬火
- 高速循环气体或空气

注意: 模具冷却至 50 - 70°C 时应立即回火

为了获得工具的最佳性能, 就可接受的变形而言, 冷却速度应尽可能快。

与定下的回火曲线相比, 缓慢的淬速率会导致硬度损失。

如果厚度超过 50 毫米, 则应在高速循环气体中进行分级冷却。

在低于 540 °C 的温度下回火会在一定程度上增加硬度和抗压强度, 但也会降低抗裂性和尺寸稳定性。但是, 如果降低回火温度, 请勿低于 520 °C。

当回火次数为 2 次时, 最短保温时间为 2 小时。当回火次数为 3 次时, 最短保温时间为 1 小时。

## 回火

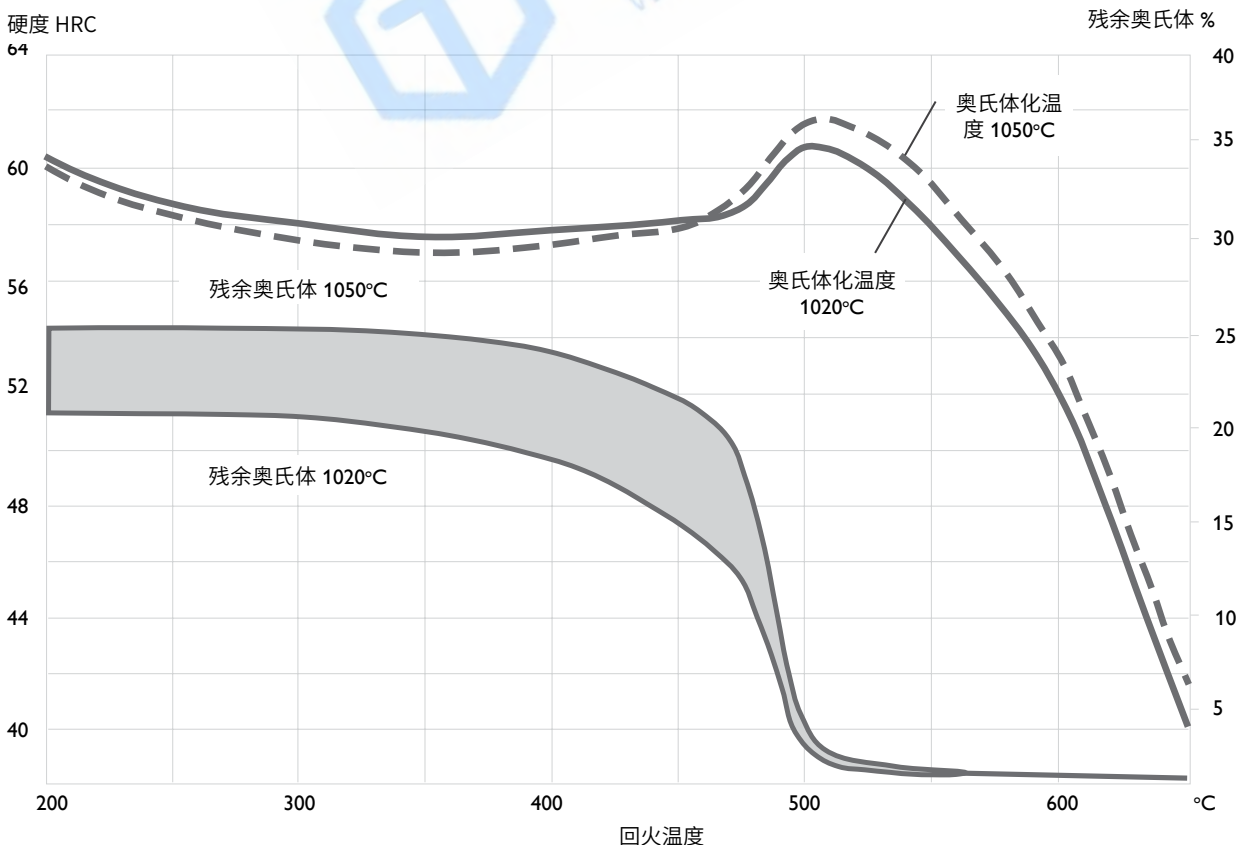
参照回火曲线图根据所需硬度选择回火温度。

回火至少两次且每次回火后都须冷却到室温。为了获得最高的尺寸稳定性和延展性, 强烈推荐最低回火温度为 540 °C 且回火三次。

## 回火表

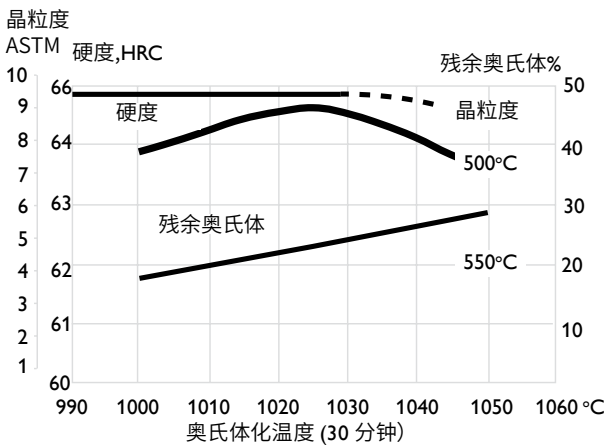
淬火温度 °C	回火温度		
	540°C	550°C	560°C
1000	57 - 59 HRC	56 - 58 HRC	54 - 56 HRC
1020	58 - 60 HRC	57 - 59 HRC	55 - 57 HRC
1050	59 - 61 HRC	58 - 60 HRC	56 - 58 HRC

## 回火曲线





## 硬度、残余奥氏体与奥氏体化温度关系

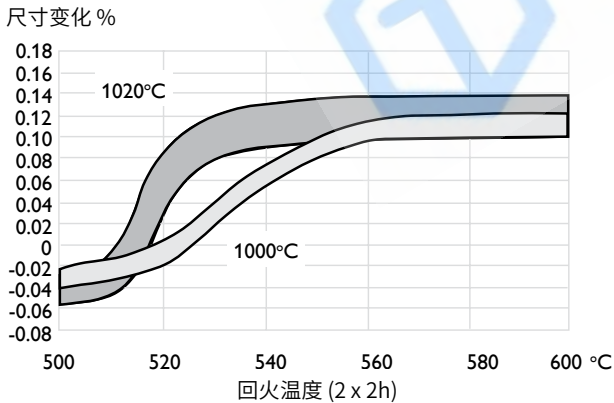


## 尺寸变化

测试样品的奥氏体化处理条件分别为1000°C/30分钟和1020°C/30分钟,然后在真空炉中使用N<sub>2</sub>冷却,在800-500°C区间内的冷却速度是1.1°C/s。

试样尺寸:100×100×100mm

各个方向的尺寸变化数值均在标记区域之内。



## 表面处理

为了减小摩擦和提高耐磨性,模具钢材可以进行一些表面处理,最常用的处理方式是氮化处理或表面PVD、CVD耐磨涂层。

由于具有高的硬度和韧性,并且具有较好的尺寸稳定性, Caldie非常适合做各种表面涂层的基体钢材。

## 氮化及软氮化处理

渗氮和氮碳共渗形成高硬度的表面,可以有效提高抵抗磨损和粘着的能力。

渗氮后的表面硬度约为1000-1200HV<sub>0.2kg</sub>,渗氮层厚度应按照使用要求进行选择。

## PVD

物理气相沉积(PVD)是一种在200-500°C处理温度下,在基体表面沉积一层耐磨损表面涂层的工艺。

## CVD

化学气相沉积(CVD)是一种在1000°C左右在基体表面沉积一层耐磨损表面涂层的工艺。

## 机加工推荐

下列机加工建议仅作参考,需根据实际加工条件做调整。

以下的切削数据,对于软性退火至215HB的Caldie有效。

### 车削加工

切削参数	硬质合金刀具		高速钢刀具
	粗车	精车	精车
车削速度 ( $V_c$ ) m/min	140 - 190	190 - 240	15 - 20
进给量 ( $f$ ) mm/rev	0.2 - 0.4	0.05 - 0.2	0.05 - 0.3
切深 ( $a_p$ ) mm	2 - 4	0.5 - 2	0.5 - 3
硬质合金刀具 ISO 标号	P20 - P30 涂覆硬质合金	P10 涂覆硬质合金 或金属陶瓷	-

### 铣床加工

#### 面铣和直角台阶铣

切削参数	硬质合金铣刀	
	粗铣	精铣
铣削速度 ( $v_c$ ) m/min	130 - 160	160 - 200
进给量 ( $f_z$ ) mm/tooth	0.2 - 0.4	0.1 - 0.2
切深 ( $a_p$ ) mm	2 - 4	0.5 - 2
硬质合金刀具 ISO 标号	P20 - P40 涂覆硬质合金	P10 - P20 涂覆硬质合金 或金属陶瓷

### 端铣

切削参数	铣刀类型		
	整体硬质合金	可转位硬质合金	高速钢刀具
铣削速度 ( $v_c$ ), m/min	110 - 140	100 - 140	18 - 23 <sup>1)</sup>
进给量 ( $f_z$ ) mm/tooth	0.01 - 0.20 <sup>2)</sup>	0.06 - 0.20 <sup>2)</sup>	0.01 - 0.30 <sup>2)</sup>
硬质合金刀具 ISO 标号	-	P20, P30	-

<sup>1)</sup> 对高速钢涂覆端铣刀  $V_c = 32 - 38$  m/min

<sup>2)</sup> 取决于端铣径向深度及铣刀直径

### 钻孔加工

#### 高速钢麻花钻

钻头直径 mm	钻孔速度 ( $v_c$ ) m/min	进给量 ( $f$ ) mm/r
≤ 5	15 - 20 *	0.05 - 0.10
5 - 10	15 - 20 *	0.10 - 0.20
10 - 15	15 - 20 *	0.20 - 0.30
15 - 20	15 - 20 *	0.30 - 0.35

\* 高速钢涂覆钻头  $V_c = 35 - 40$  m/min

#### 硬质合金钻头

加工参数	钻头类型		
	可转位钻头	整体硬质合金	钎焊硬质合金 <sup>1)</sup>
钻孔速度 ( $v_c$ ), m/min	160 - 200	110 - 140	60 - 90
进给量 ( $f$ ) mm/r	0.05 - 0.15 <sup>2)</sup>	0.08 - 0.20 <sup>3)</sup>	0.15 - 0.25 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> 可替换式或钎焊硬质合金刀具

<sup>2)</sup> 钻孔直径为 20-40 mm 的进给速度

<sup>3)</sup> 钻孔直径为 5-20 mm 的进给速度

<sup>4)</sup> 钻孔直径为 10-20 mm 的进给速度

## 磨削加工

一般砂轮建议如下。更多详情可参见工模具钢的磨削手册。

磨削方式	退火状态	淬硬状态
平面砂轮平面磨削	A 46 HV	A 46 HV
扇形砂轮平面磨削	A 24 GV	A 36 GV
外圆磨削	A 60 KV	A 60 KV
内圆磨削	A 46 JV	A 60 IV
成型磨削	A 100 KV	A 120 JV

## 焊接

只要进行适当的预热、对焊补处进行正确的预处理、焊补时选择适当的焊条并采用合适的焊补工艺,工具钢也能得到满意的焊补结果。以下总结了补焊最重要的参数。

焊接方法	TIG	MMA
预热温度	200 - 250 °C	200 - 250 °C
填充材料	Caldie TIG-Weld	Caldie Weld
最高层间温度 <sup>2)</sup>	400 °C	400 °C
焊后冷却	开始2小时以20 - 40°C每小时冷却,后空冷	
焊后硬度	54 - 62 HRC	55 - 62 HRC
焊后热处理		
淬硬态	510°C 回火两小时	
软退火态	根据“热处理”手册进行软性退火性	

## 电火花加工 — EDM

如果模具在淬火回火后进行电火花加工,模具应该再回火一次,回火温度较最近一次回火温度低25 °C左右。

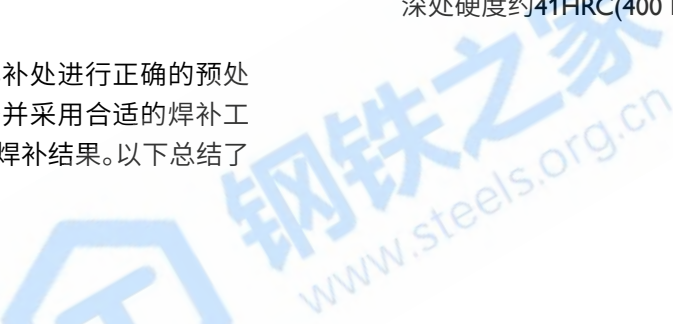
## 火焰硬化

选用气流量达每小时800–1250升的氧乙炔设备。

氧气压力约2.5bar,乙炔压力约1.5bar。调整至中性火焰。

温度:980 – 1020 °C, 空冷。

硬化后表面硬度可达58 – 62HRC,距表面3 – 3.5 mm深处硬度约41HRC(400 HB)。





## 材料性能及抵抗失效的能力

一胜百钢材种类	硬度/ 抗塑性变形	机加工性能	磨削性	尺寸稳定性	抗磨损性能		抗疲劳开裂	
					磨粒磨损	粘着磨损	延展性/ 抗崩角	韧性/ 抗整体开裂
<b>常规冷作工模具钢</b>								
ASSAB DF-3								
ASSAB XW-10								
ASSAB XW-42								
Calmax								
Caldie (ESR)								
ASSAB 88								
<b>粉末冶金工模具钢</b>								
Vanadis 4 Extra*								
Vanadis 8*								
Vancron*								
<b>粉末冶金高速钢</b>								
ASSAB PM 23*								
ASSAB PM 30*								
ASSAB PM 60*								
<b>常规高速钢</b>								
ASSAB M2								

\*