



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

## CALMAX

目前大多数冲压模具采用传统炼钢工艺钢材如O1, A2, D2, D3或D6。这些钢材都具有良好的耐磨性,其硬度范围能满足大多数应用的要求。但是,由于韧性差,火焰硬化及高频淬火能力差,在模具异常失效后生产效率降低,并且模具维修费用增高。因此,推出了冲压模具钢材Calmax,期望获得最佳经济效益,即生产每件产品花费最低的模具成本。

过去10年冲压模具行业发生了许多变化,不锈钢和表面涂覆钢带得到广泛应用,并且发展了高速冲压。这种及时供货的生产方式和提高生产销量的需求,对模具寿命的要求也相应提高。传统的工具钢所制成的冲压模具,由于性能不佳常常造成生产效率的低下。

Calmax优良的综合性能满足材料加工和现代生产方式的要求,其高度安全性保证了最佳的模具性能和最高的生产效率。



钢铁之家  
www.steels.org.cn

## 简介

Calmax是一种铬钼钒合金钢,其有以下特性:

- 高韧性
- 高耐磨性
- 良好的淬透性
- 良好的热处理尺寸稳定性
- 良好的抛光性
- 良好的焊接性

典型成分%	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	0.6	0.35	0.8	4.5	0.5	0.2
交货状态	软化退火至约200 HB					

## 应用

韧性和耐磨性的完美结合使Calmax适用于不同的应用。

### 冷作模应用

- 一般冲压和成型
- 厚板的冲压和成型
- 拉深
- 压花
- 形状复杂的冷挤压模
- 轧辊
- 剪切刀刃
- 快速模具

### 塑料模应用

- 长寿命塑胶模具
- 增强性塑胶模具
- 压塑模具

## 特性

温度	20 °C	200 °C	400 °C
密度 kg/m <sup>3</sup>	7 770	7 720	7 650
弹性模量 MPa	194 000	188 000	178 000
热膨胀系数 20°C起/°C	to 100°C 11.7 × 10 <sup>-6</sup>	to 200°C 12.0 × 10 <sup>-6</sup>	to 400°C 13.0 × 10 <sup>-6</sup>
热传导系数 W/m°C	-	27	32
比热 J/kg°C	455	525	608

### 抗压强度

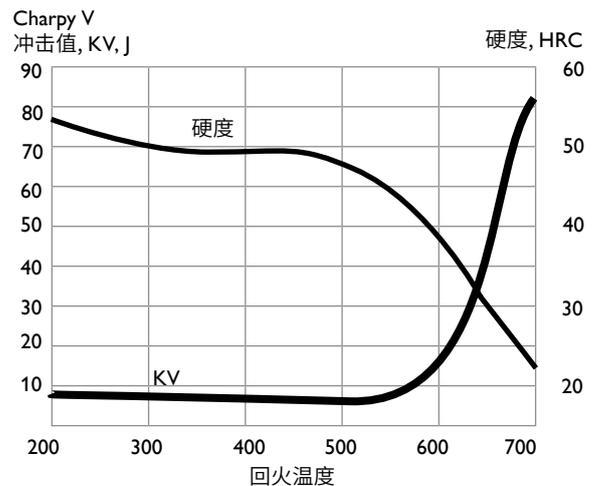
室温抗压强度近似值

硬度 HRC	R <sub>cm</sub> N/mm <sup>2</sup>	R <sub>c0.2</sub> N/mm <sup>2</sup>
56	2 300	1 900
58	2 500	2 000
60	2 700	2 100

### 冲击强度

在不同温度回火后的室温冲击强度值, 淬火温度960°C, 空冷, 回火两次。

尺寸315 x 80毫米。来自ST中心(厚度)方向的样品



## 热处理

### 软性退火

保护气氛中加热到860°C,保温2小时,以每小时20°C冷速炉冷至770°C,然后以每小时10°C炉冷至650°C,最后空冷。

### 应力消除

钢材粗加工后,加热至650°C,保温2小时,缓冷至500°C,然后空冷。

### 硬化

预热: 600 - 750 °C

奥氏体化温度: 950 - 970 °C, 常用温度 960°C.

淬火温度 °C	保温时间* 分钟	回火前硬度 HRC
980	30	62
960	30	63
970	30	64

\* 保温时间 = 钢材整体都到达淬火温度后需要的保温时间

钢材在硬化过程中必须保护以避免氧化和脱碳。

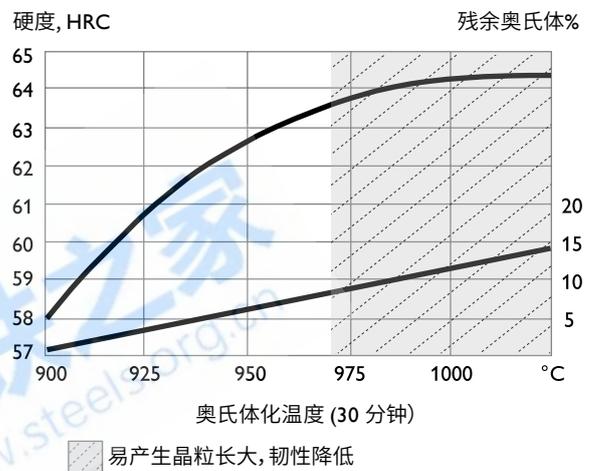
### 淬火介质

- 高速循环气体或空气
- 真空炉冷却(高压气体)
- 在200 - 550°C的盐浴炉或硫态炉中分级淬火,再空气中冷却
- 油冷

注 1: 油冷增加尺寸变形和开裂风险

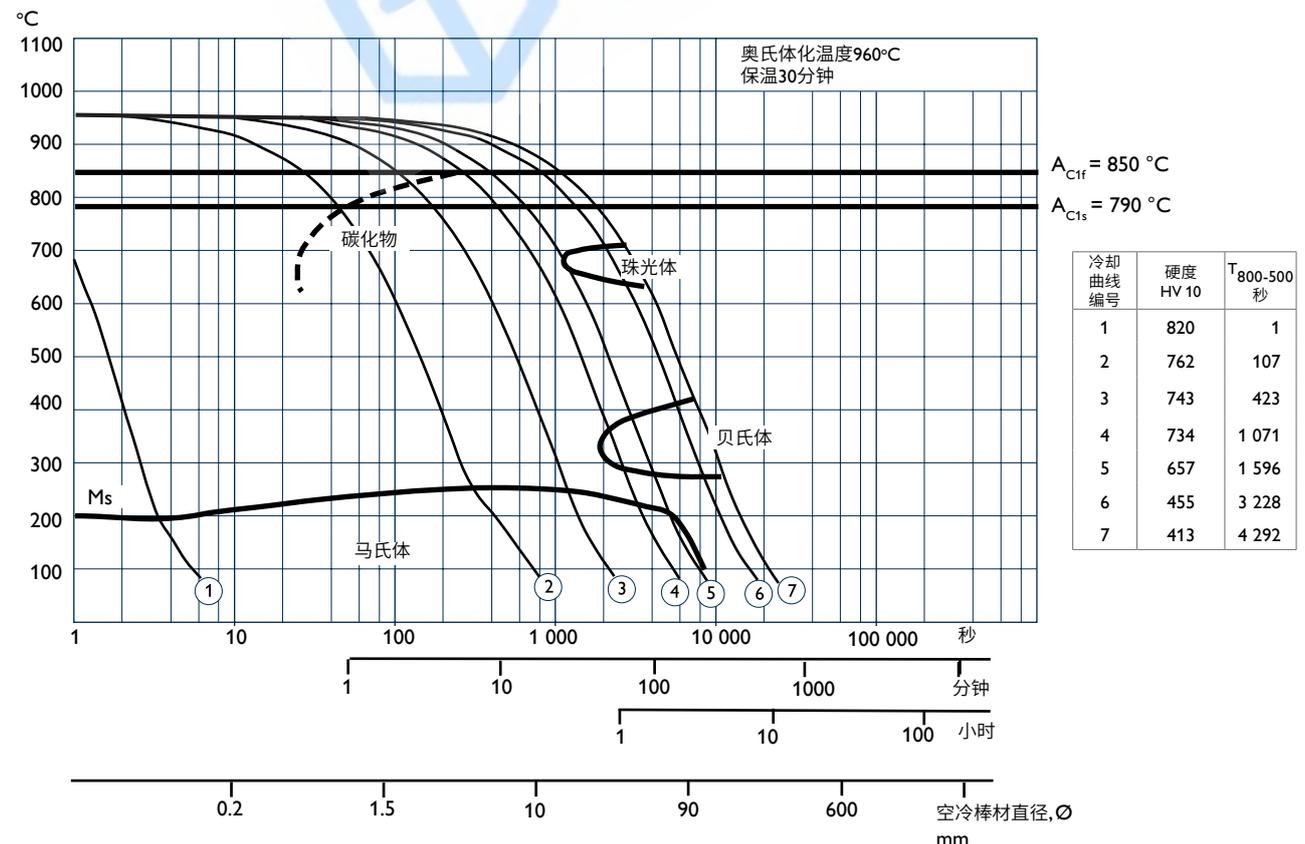
注 2: 模具温度降到50 - 70°C后立即回火。

### 硬度、残余奥氏体与奥氏体化温度关系



### CCT曲线图

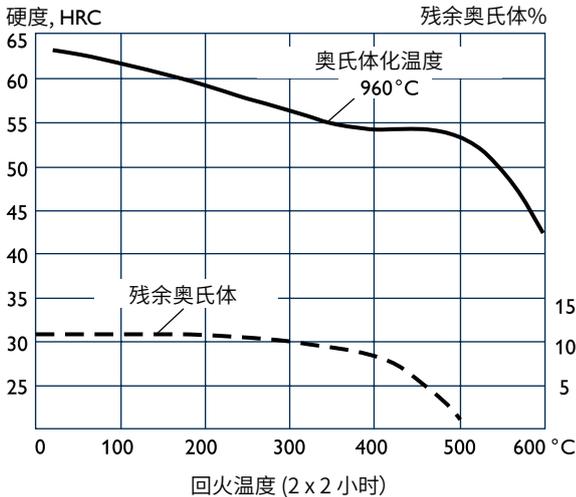
奥氏体化温度960°C, 保温时间30分钟。



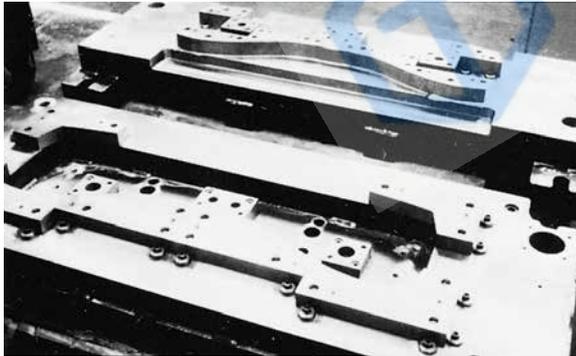
## 回火

根据所需硬度,并参考回火曲线,选择适当的回火温度。淬火冷却到室温后立即回火,至少回火两次。最低回火温度180°C,保温2小时以上。

### 回火曲线



回火曲线是在对15×15×40mm大小的样品进行热处理后,在高速循环气体中冷却后获得的。由于诸如实际刀具尺寸和热处理参数等因素,刀具和模具热处理后可能会出现较低的硬度。



对韧性要求很高的典型冲裁模具,可以使用Calmax

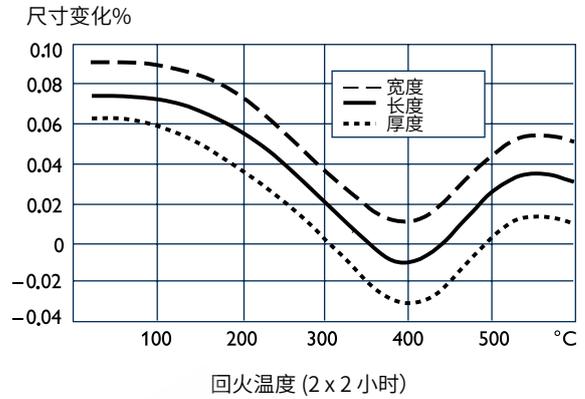
## 尺寸变化

热处理过程中的尺寸变化与热处理温度、热处理设备及淬火介质有关。模具的尺寸和几何形状也有很大的影响,因此模具应预留足够的加工余量以调整变形。Calmax模具加工余量为0.20%。因淬火及回火导致的变形可通过精加工来调整。

下图是经淬火、回火后试样尺寸变化的实验曲线图。

淬火温度:960°C保温30分,空冷后在不同温度回火2×2小时。

试样尺寸:100×100×10 mm



## 表面处理

有些冷作模具为了减小摩擦、增加耐磨性而进行表面处理。通常使用的表面处理是氮化和表面涂层,如增加耐磨性的PVD和CVD涂层。

气体氮化和离子氮化是通常使用的两种氮化方法。离子氮化的温度比气体氮化的温度低。因此,当要求Calmax基体硬度超过54HRC时采用离子氮化。

工艺步骤	温度 °C	时间 小时	深度 微米	基体硬度 HRC	氮化层硬度 HV
离子氮化	465 *	18	200	54	1 075
气体氮化	510 *	12	200	52	1 075

\*氮化温度通常比回火温度低15 - 25°C

过深的氮化层会影响模具的韧性,通过控制氮化时间,来调整氮化层的深度,以满足实际应用要求。

Calmax也可以采用CVD涂层,但是温度不能超过960°C,模具涂层后要经过再硬化。

PVD涂层可在200°C到500°C之间进行。如采用200°C温度时,Calmax基体硬度要比500°C时要高,采用500°C做涂层时,涂层与钢材的结合力较强。PVD的温度应比最高的回火温度低20°C。

## 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200HB的Calmax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	150 - 200	200 - 250	20 - 25
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	-

### 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	13 - 15 *	0.05 - 0.10
5 - 10	13 - 15 *	0.10 - 0.20
10 - 15	13 - 15 *	0.20 - 0.25
15 - 20	13 - 15 *	0.25 - 0.30

\* 高速钢涂覆钻头  $V_c = 23 - 25$  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	120 - 150	210 - 230	70 - 100
进给量(f) mm/r	0.10 - 0.35 <sup>2)</sup>	0.08 - 0.12 <sup>3)</sup>	0.15 - 0.40 <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

### 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	160 - 240	240 - 280
进给量 ( $f_z$ ) mm/tooth	0.2 - 0.4	0.1 - 0.2
切深 ( $a_p$ ) mm	2 - 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	120 - 150	150 - 200	40 - 45 <sup>1)</sup>
进给量( $f_z$ ) mm/tooth	0.006 - 0.20 <sup>2)</sup>	0.06 - 0.20 <sup>2)</sup>	0.01 - 0.35 <sup>2)</sup>
硬质合金刀具 ISO标号	-	P15 - P40	-

<sup>1)</sup> 对高速钢涂覆端铣刀= 55 - 60 m/min

<sup>2)</sup> 依据径向车削深度及铣刀直径而定

## 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 LV	A 60 KV
内圆磨削	A 46 JV	A 60 JV
成型磨削	A 100 LV	A 120 JV

## 焊接

对 Calmax 进行正确的焊接预处理有助于保证良好的焊接效果。

1. 焊接时电弧尽量缩短。电极与焊接面保持90°而与焊丝前进的方向保持75 - 80°。
2. 修补焊接要在预热状态下进行,在进行第一层和第二层焊接时采用同样粗细的焊条和同样大小的电流。
3. 在焊补范围大时,应在调高的温度进行焊接。
4. 焊接坡口处应作适当处理。

### TIG焊接建议

填充材料	焊接硬度 HRC	焊后硬度 HRC	预热回火 °C
UTPA 73G2	53 - 56	51	200 - 250
UTPA 67S	55 - 58	52	
CALMAX/CARMO	58 - 61	58 - 61	
TIGWELD			

### MMA (SMAW) 焊接建议

填充材料	焊接硬度 HRC	焊后硬度 HRC	预热回火 °C
UTPA 67S	55 - 58	52	200 - 250
CALMAX/CARMO	58 - 61	58 - 61	
TIGWELD			

## 焊接后热处理

### 淬硬状态

在原回火温度下10-20°C回火处理。

### 退火状态

保护状态下将模具加热至860°C,均热后在炉中以每小时10°C的速度冷至150°C,然后自由空冷。



冷作产品如模具, Calmax是良好选择。

## 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。

## 抛光

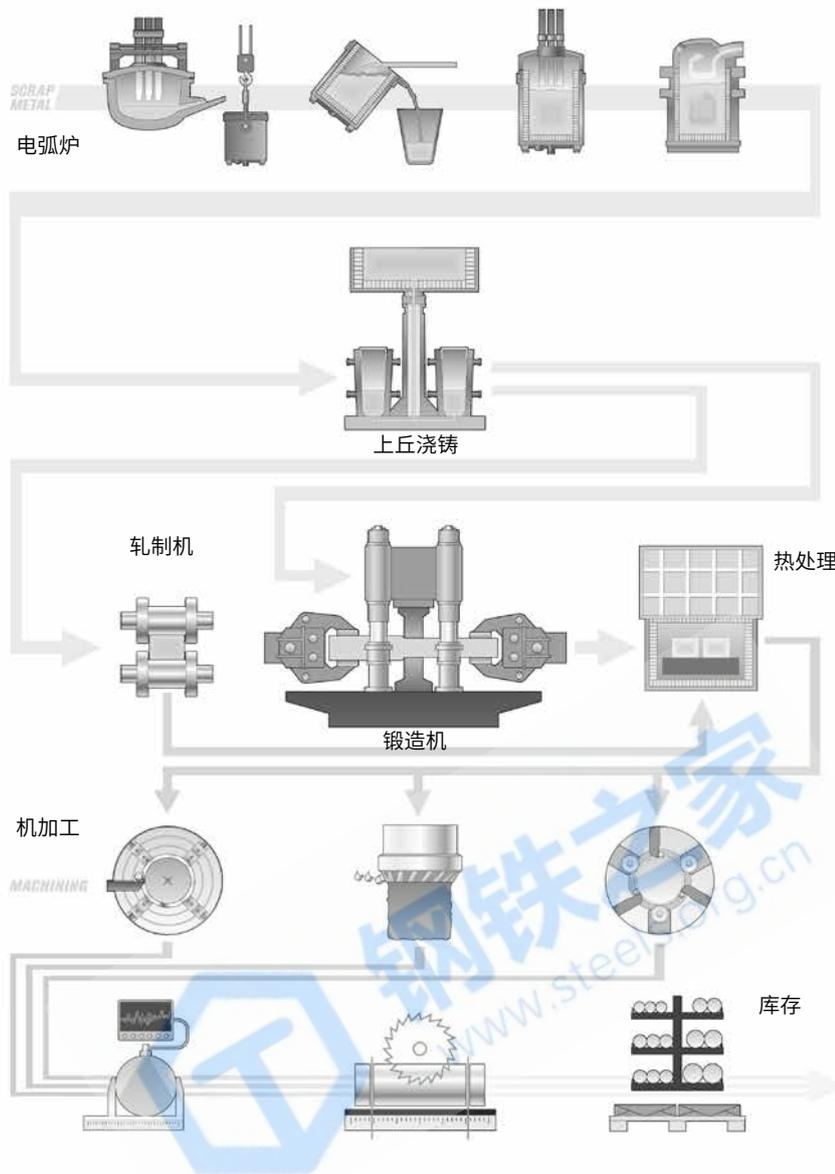
Calmax具有非常均匀的结构。这与其低含量的非金属夹杂物(由于制造过程中的真空脱气)相结合,确保了抛光后的良好表面光洁度。

## 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
常规冷作工模具钢								
ASSAB DF-3								
ASSAB XW-10								
ASSAB XW-42								
Calmax								
Caldie (ESR)								
ASSAB 88								
粉末冶金工模具钢								
Vanadis 4 Extra*								
Vanadis 8*								
Vancron*								
粉末冶金高速钢								
ASSAB PM 23*								
ASSAB PM 30*								
ASSAB PM 60*								
常规高速钢								
ASSAB M2								

\*





## 传统工模具钢工艺

我们工模具钢的原材料是从高品质的可回收钢中精心挑选出来的。与铁合金和熔渣成型机一起，回收钢材在电弧炉中熔化。然后将钢熔倒钢包中。

脱渣装置除去富氧炉渣，在脱氧后，在钢包炉中进行钢水的合金化和加热。真空脱气可去除氢、氮和硫等元素。

在底部浇铸中，制备的模具填充有来自钢包的受控钢水流。由此，钢直接进入我们的轧机或锻造压力机，形成圆棒或扁棒。

## 热处理

在交货之前，所有各种棒材需经热处理，包括软化退火、淬回火。这些作业令钢材兼具适当的硬度和韧性。

## 机加工

材料完工入库前，我们会根据所需的尺寸和精确的公差，对棒型材进行粗加工。对大尺寸棒材进行车床加工时，钢棒材围绕固定的刀具旋转。切削较小尺寸时，切割工具围绕棒材旋转。

为确保产品质量及工模具钢的完整性，所有棒材都须经表面外观及超声波检测。然后，我们会去除棒材的两端，以及所有发现缺陷的部分。