



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

Vanadis 4 Extra SuperClean

模具性能和可靠及长寿命相结合

随着要求及时发货和订货至交货的时间越来越短,模具的预期寿命长久且性能稳定可靠变得十分重要。为了降低停机时间和模具维护成本,以及优化设备利用,必须有好的模具性能。这些降低及优化导致最佳的模具效益和极具竞争力的产品成本。

Vanadis 4 Extra SuperClean 是一种韧性与耐磨性(磨粒、粘着以及混合磨损)结合的非常好的高性能模具钢。这使它适合应用在需求长久稳定寿命的冷作模具领域,如奥氏体不锈钢和先进高强钢(AHSS)的冲切和成形。

这些应用中,需要模具钢具备抗磨粒磨损,粘着磨损和混合磨损的性能,同时具备抵抗崩角和开裂的能力。

机械加工性

模具制造工序是在加工环节中的一个非常重要的环节。为了达到长且可靠的模具性能,模具在表面光洁度方面的品质非常重要。由于Vanadis 4 Extra SuperClean 合金成分十分均衡并且制造过程采用超纯净工艺,使得 Vanadis 4 Extra SuperClean 相比其它高合金粉末工具钢显现出非常好的机械加工性能和研磨性能。

工具钢的关键参数

模具性能方面

- 根据应用选择正确的硬度
- 高耐磨性
- 高韧性

通常,高耐磨性的模具的韧性都较低,反之亦然。然而,在许多情况下为了使模具有最佳的性能,必须同时具备高耐磨性和高韧性。

Vanadis 4 Extra SuperClean 是一款极好的粉末冶金钢,兼具高耐磨性和高韧性。

模具制作方面

- 机械加工性
- 热处理
- 热处理时尺寸稳定性

高合金工具钢通常比低合金工具钢更难机加工和热处理。因此高合金工具钢磨具的制作费用也较高。

Vanadis 4 Extra SuperClean 的合金成份十分均衡,并且由粉末冶金炼钢技术炼制而成,因此它具有比 AISI D2 更好的机加工性能。

Vanadis 4 Extra SuperClean 最大的优点是淬硬与回火后的尺寸稳定性比目前所有已知的高性能冷作工具钢都好。这也意味着 Vanadis 4 Extra SuperClean 适合用于CVD涂层。

简介

Vanadis 4 SuperClean 是一种铬-钼-钒合金钢,具有以下特性:

- 非常好的韧性
- 高耐磨粒-粘着磨损性能
- 高抗压强度
- 良好的热处理、服役过程中的尺寸稳定性
- 非常好的整体淬透性
- 良好的抗回火软化性
- 良好的加工切削性和磨削性

化学成分 %	C 1.4	Si 0.4	Mn 0.4	Cr 4.7	Mo 3.5	V 3.7
交货状态	软性退火至 230 HB					

应用

Vanadis 4 Extra SuperClean 特别适用于那些以粘着磨损和/或崩角为主要失效形式的应用,即:

- 被加工材料软而粘,如奥氏体不锈钢、低碳铜、铝等
- 较厚的被加工材料
- 高强度被加工材料

Vanadis 4 Extra SuperClean也非常适合对工具钢的耐磨粒磨损性和韧性有较高要求的超高强度薄钢板的冲切和成型。

典型应用:

- 冲切和成形
- 精冲
- 冷挤压
- 粉末压实
- 拉深
- 刀具
- 表面涂层的基体钢

性能

物理性能

淬火及回火60 HRC

温度	20°C	200°C	400°C
密度 kg/m ³	7 700	-	-
弹性模量 MPa	206 000	200 000	185 000
热膨胀系数 20°C起/°C	-	10.8 × 10 ⁻⁶	11.6 × 10 ⁻⁶
热传导系数 W/m°C	-	30	30
比热 J/kg°C	460	-	-

不同温度区间的热膨胀系数

温度范围 °C	热膨胀系数 20°C起/°C
20 - 100	11.0 × 10 ⁻⁶
20 - 200	11.3 × 10 ⁻⁶
20 - 300	11.7 × 10 ⁻⁶
20 - 400	12.1 × 10 ⁻⁶
20 - 500	12.4 × 10 ⁻⁶

冲击强度

下图是室温冲击强度值与硬度的关系曲线。

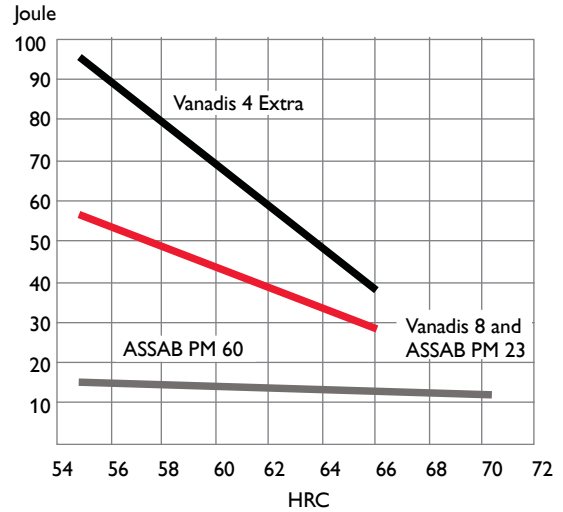
圆棒原始尺寸: Ø 105 mm, 从中心取样, 横向测试;
试样尺寸: 7 × 10 × 55 mm 无缺口;

在 940°C 至 1150°C 之间淬火。不高于1100°C, 保温 30 分钟, 高于 1100°C 保温 15 分钟, 空冷。回火: 525°C - 570°C, 2 × 2h。

延展性

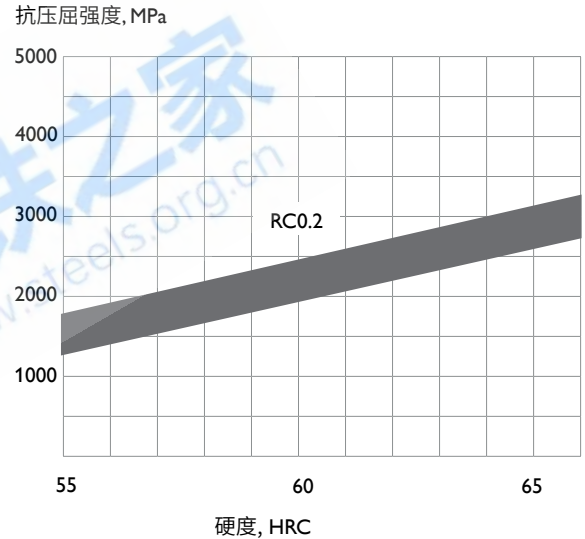
无缺口冲击试样, CR2 (厚度方向)。

右图显示的是冲击强度是平均值。Vanadis 8 SuperClean和 ASSAB PM 23 SuperClean具有相似的冲击强度。



抗压屈服强度

在室温和570°C下的近似压缩屈服强度与硬度的关系。



抗弯强度

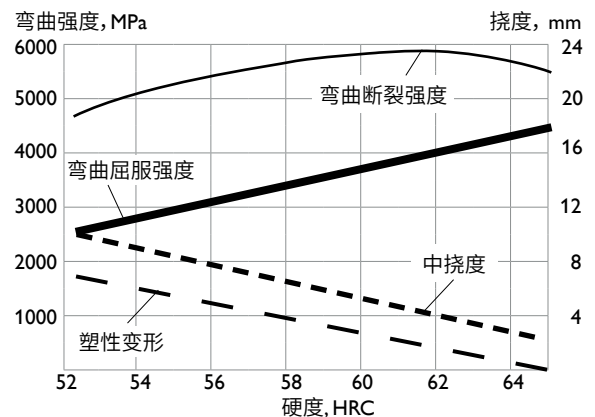
四点弯曲试验

试样尺寸: 5 mm

加载速度: 5 mm/min

奥氏体化温: 990 - 1180°C

回火: 560°C保温1小时, 3次回火



热处理

软性退火

在保护气氛中加热至900°C均热后,于炉中以每小时10°C的速度,冷却至750°C,然后空冷。

去应力回火

粗加工后,加热至650°C均热后,保温2小时,缓冷至500°C,然后于空气中冷却。

淬火

预热温度:第一段预热 600 – 650°C;

第二段预热850 – 900°C

奥氏体化温度:940 – 1180°C,通常用1020°C。

厚度>70mm的模具,用1060°C。

为了获得最好的耐磨性,用1100-1180°C。

保持时间:低于1100°C,采用30分钟。高于1100°C,采用15分钟。

保持时间=钢材整体到淬硬温度后,所需要保持的时间。低于推荐的保持时间将导致硬度下降。

防止工件在淬火过程中发生氧化和脱碳。

淬火介质

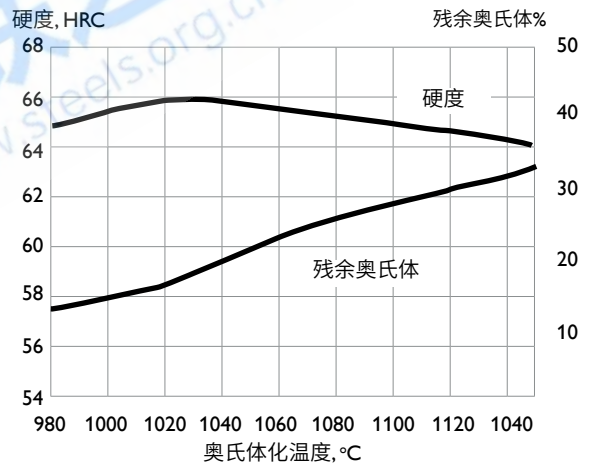
- 在真空炉中,以足够正压(不少于2bar)的高速气体
- 在200–550°C的盐炉或流动粒子炉中,分级淬火
- 空气或气体强制冷却

注意:当钢材温度冷至50 – 70°C时,必须马上进行回火。

为了使模具获得最适宜的性能,在可接受的变形范围内,冷却速率越快越好。慢的冷却速度会导致最终硬度低于回火曲线图所示的硬度。

当模具壁厚超过50mm时,应在分级淬火后再用高速气体冷却。

硬度和残余奥氏体与奥氏体化温度之间的关系曲线



乘用车的保险杠,制造的冲裁工具Vanadis 4 Extra SuperClean。
片材强度1000 MPa,厚度2 mm。
由西班牙巴塞罗那的Essa Palau友情提供。

回火

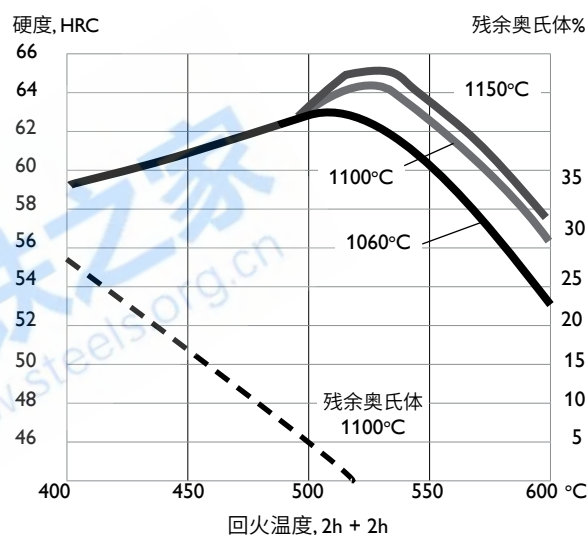
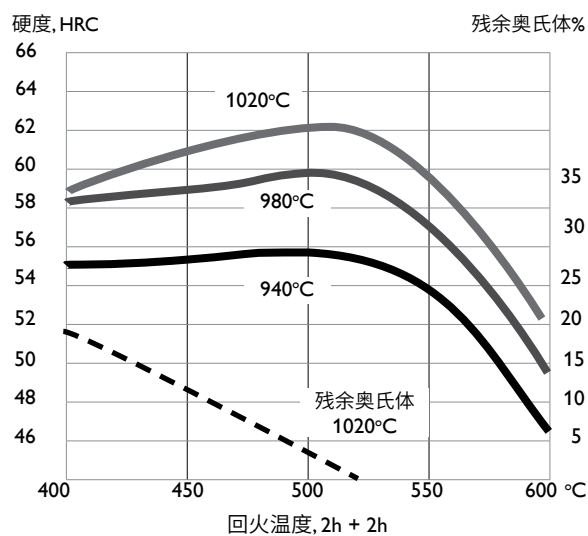
根据所需硬度,参考回火曲线图,选择回火温度。至少回火两次,每次回火时必须冷却至室温。若对尺寸稳定性和韧性有极高的要求,强烈建议回火三次,且温度不低于540°C。

回火温度若低于540°C时,虽然可在一定程度上提高硬度和抗压强度,但也会损害抗开裂性及尺寸稳定性。而且,如果选择降低回火温度,也不要低于520°C。

两次回火时,应保温至少两小时。三次回火时,保温时间至少为1小时。

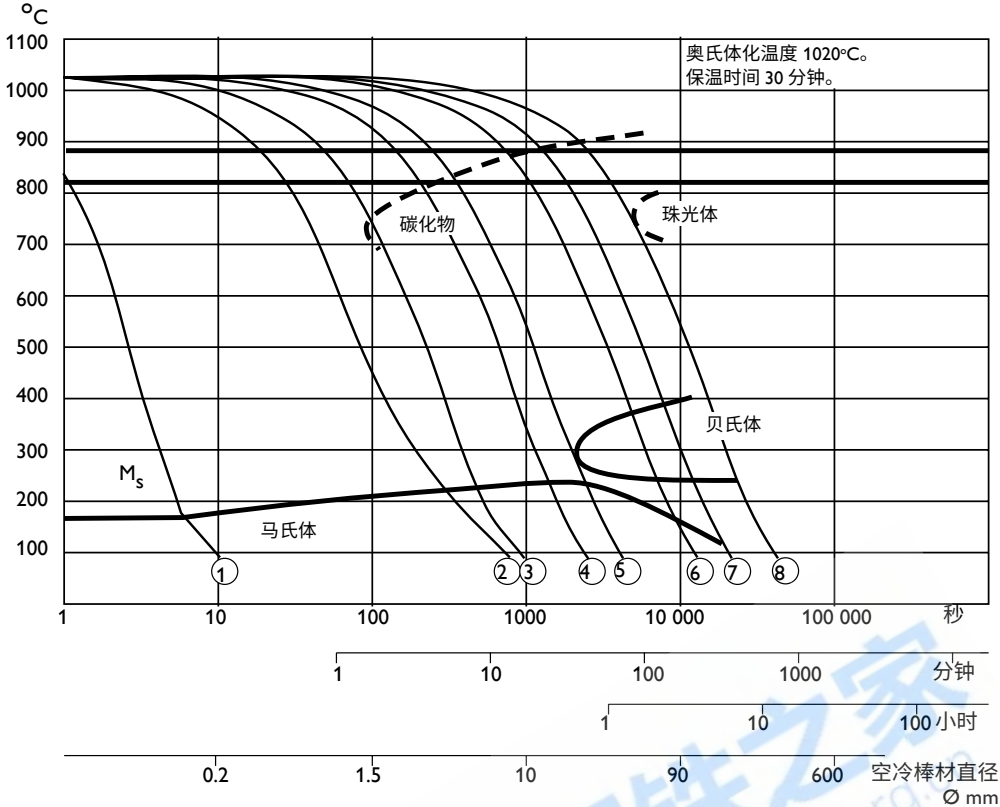
回火曲线基于15 x 15 x 40 mm的样品热处理并强制气冷后的数据。由于实际工具尺寸及热处理参数差异等因素,会造成经热处理后,工模具的硬度可能会下降。

回火曲线



CCT-曲线图

奥氏体化温度 1020°C。保温时间 30 分钟。



$$A_{c1f} = 880^{\circ}\text{C}$$

$$A_{c1s} = 815^{\circ}\text{C}$$

淬火和回火后的尺寸变化

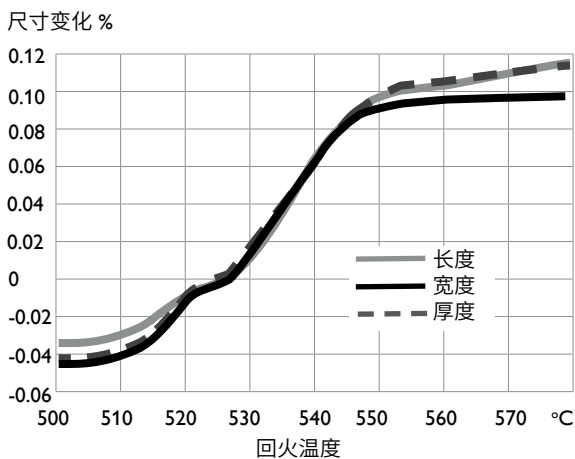
淬火和回火后的测量尺寸变化。

奥氏体化: 1020°C/ 30分钟, 在真空炉中以1.1°C/秒在800°C和500°C之间冷却。

回火: 在各种温度下 2 x 2 h

样本尺寸: 80 x 80 x 80 mm

淬化和回火时的方向和尺寸变化如长度, 宽度和厚度



深冷处理

对于需要最大尺寸稳定性的工件, 可按以下方式进行深冷处理:

淬火后立即将工件进行深冷处理至-70和-80°C之间, 浸泡时间 3 - 4个小时, 然后进行回火。

回火温度应降低25°C, 以便在进行高温回火时所获得需的硬度。

避免复杂形状所造成的开裂风险。

表面处理

一些冷作工具钢为了降低摩擦和增加耐磨性,而进行表面处理。通常大部分采用氮化和通过PVD和CVD产生耐磨表面涂层。

高硬度结合高韧性以及良好的尺寸稳定性使得 Vanadis 4 Extra SuperClean 非常适合进行各种表面涂层。

氮化

氮化处理可以形成高硬度的耐磨和耐侵蚀的表面硬化层。

通常在525°C左右高温回火,所以氮化温度不应超过500 – 525°C,最好采用低于回火温度的离子氮化。氮化后的表面硬度约为 1150 HV_{0.2kg}°

氮化层深度应根据实际应用而决定。

对于冲裁和冲压,推荐表面深度为10 – 20µm,而成型工具的表面深度最大可达30µm。

PVD

物理气相沉积PVD是用200 – 500°C之间的温度来提供一种耐磨涂层的方法。

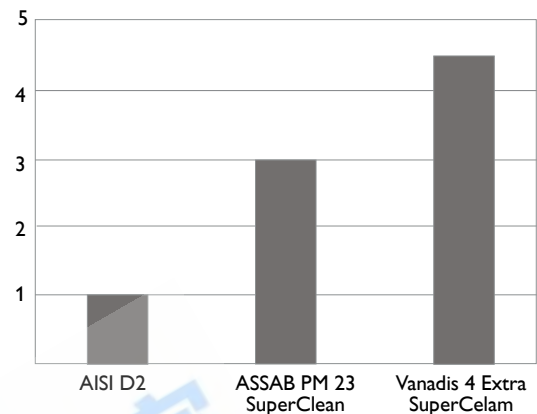
CVD

化学气相沉积CVD是使用1000°C左右的温度来提供耐磨表面涂层,推荐模具在表面处理应在真空炉里单独淬火和回火。

机械加工性

AISI D2, ASSAB PM 23 SuperClean 和 Vanadis 4 Extra SuperClean 切削性和研磨性比较,高的值表示好的切削性/研磨性。

相对机加工性能/磨加工性能 (1 = 差, 5 = 最好)



机加工推荐

以下切削参数仅供加工参考,应根据实际情况进行调整。

下表中的建议适用于软退火条件下~230HB的 Vanadis 4 Extra SuperClean。

车床加工

切削参数	硬质合金车刀		高速钢车刀
	粗车	精车	精车
车削速度 (V _c) m/min	120 – 170	170 – 220	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	K20*, P20 或金属陶瓷*	K15*, P15 或金属陶瓷*	-

*使用耐磨的CVD涂层

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	110 - 150	150 - 200
进给量 (f) mm/tooth	0.2 - 0.4	0.1 - 0.2
切深 (a _p) mm	2 - 4	≤ 2
硬质合金刀具ISO 标号	K20, P20 涂覆硬质合金* 或金属陶瓷*	K15, P15 涂覆硬质合金* 或金属陶瓷*

* 使用耐磨的CVD涂层

端铣

切削参数	端铣刀类型		
	整体硬质合金	可转位硬质合金	高速钢刀具 ¹⁾
铣削速度(V _c) m/min	60 - 80	110 - 160	8 - 12
进给量 (f _z) mm/tooth	0.03 - 0.20 ²⁾	0.08 - 0.20 ²⁾	0.05 - 0.35 ²⁾
硬质合金刀具 ISO 标号	-	K15 ³⁾ 质合金涂层或金 属陶瓷涂层	-

¹⁾ 涂层高速钢端铣刀V_c= 18 - 24 m/min

²⁾ 取决于端铣径向深度及铣刀直径

³⁾ 使用耐磨的CVD涂层

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	12 - 14 *	0.05 - 0.15
5-10	12 - 14 *	0.15 - 0.25
10-15	12 - 14 *	0.25 - 0.30
15-20	12 - 14 *	0.30 - 0.35

* 涂层高速钢钻头 V_c = 22 - 24 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 ¹⁾
钻孔速度 (V _c), m/min	140 - 160	80 - 100	50 - 60
进给量(f) mm/r	0.05 - 0.15 ²⁾	0.08 - 0.20 ³⁾	0.15 - 0.25 ⁴⁾

¹⁾ 可替换式或钎焊硬质合金刀具

²⁾ 钻孔直径为20 - 40 mm 的进给速度

³⁾ 钻孔直径为 5 - 20 mm 的进给速度

⁴⁾ 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	B151 R50 B3 ¹⁾ A 46 HV ²⁾
扇形砂轮平面磨削	A 24 GV	A 46 FV ²⁾
外圆磨削	A 60 KV	B151 R75 B3 ¹⁾ A60 KV ²⁾
内圆磨削	A 60 JV	R151 R75 B3 ¹⁾ A 60 KV ²⁾
成形磨削	A 100 LV	B126 R100 B6 ¹⁾ A 80 JV ²⁾

¹⁾ 如果可能, 请使用CBN砂轮

²⁾ 使用耐磨的 Al₂O₃ - 涂层硬质合金钢种

电火花加工 — EDM

如在淬火及回火状态下进行电火花加工, 最后一道工序应采用电火花精加工, 即低电流、高频率。

为了获得最佳性能, 电火花加工过的表面需再研磨/抛光, 工具须在比原先回火温度约低 25°C 的条件下再次回火。

当电火花加工大尺寸或形状复杂的工模具时, Vanadis 4 Extra SuperClean 应在不低于540°C的高温下再次回火。

一胜百冷作工模具钢的对比

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								

*

