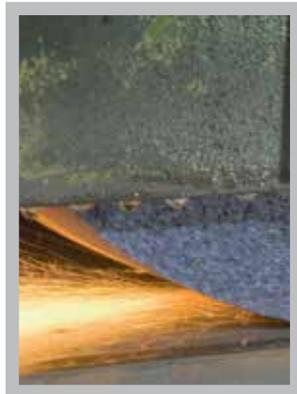


磨削工具钢



介绍

工模具钢的高合金含量意味着这种钢通常比常规结构钢更难磨削。

为了达到磨削工模具钢理想的效果，必须谨慎选择砂轮。而要正确选择砂轮及分析磨削数据，首先需要了解砂轮的工作原理。

本手册对砂轮的构件、工作原理与决定最终结果的参数做了详细说明。它还提供了适合一胜百工模具钢的砂轮建议。

砂轮的设计

一般上，砂轮的构件如下：

- 磨粒磨损
- 粘结剂
- 气孔

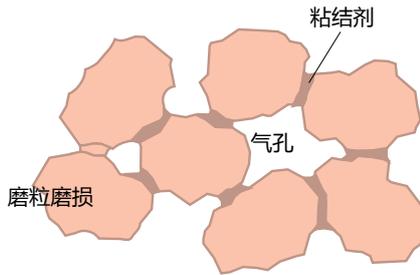
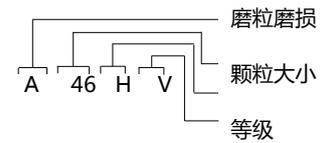


图1. 磨料粒、气孔和粘结媒介（由粘结剂组成）的比例组成决定了砂轮的特性。

某些特殊的砂轮，如金属性结合剂金刚石砂轮，不含气孔。上述构件不同的构件决定了砂轮的特性。砂轮的构件由ISO国际标准认证的识别系统标示。

识别系统是由数字和字母组成的一个特定序列，表明磨料、粒度、等级和粘合剂。

例：



磨粒磨损

重要的是，磨料必须满足以下要求：

- 硬度
- 锐度
- 热阻
- 化学稳定性

今天，以下四个主要类别的磨料（合成成分）均被使用，或多或少满足上述要求。

1. 氧化铝类 A (SG)
2. 碳化硅类 C
3. 立方氮化硼类 B
4. 金刚石类 SD

磨粒磨损	努氏硬度	空气耐热性 °C
铝氧化物	2100	2000
碳化硅	2500	1200
立方氮化硼	4700	1400
金刚石	7000	650

内容

介绍	2
砂轮的设计	2
砂轮的工作原理	4
磨削机	6
磨削液	6
工模具钢	7
一胜百工模具钢的磨削建议	10
切削速度和进给量	11
砂轮修整	12
适用砂轮	12

一胜百品牌(ASSAB)是一胜百太平洋有限公司所拥有的注册商标。

本文所载资料，是根据我们目前的知识水平所编写，目的是提供对我们的产品及使用的一般建议，因此不应当当做是描述产品特定性质的保证，或者被用于其它特定用途。每一个ASSAB的用户应当自己判断选择一胜百产品和服务的适用性。

版本 160216

1. 铝氧化物是用于磨削钢最常见的磨料，并且存在几种不同的形态。它可以与其它氧化物（其中最常见的是二氧化钛）形成合金。下表显示了如何通过合金，改变氧化铝磨料的特性。

磨粒磨损	颜色	属性
普通金刚砂	棕色、灰色	
混合金刚砂	黄棕色	
红色氧化铝	红色	
白色金刚砂	白色	

然而，砂轮的颜色不完全代表所用的磨料种类，这是由于某些砂轮制造商会给磨料和粘结剂上色。

有另一类名为陶瓷或烧结氧化铝的氧化铝。此磨料具有精细的晶体结构，这意味磨粒能更好地保持尖锐度。然而，它对磨削压力的要求较高，通常应用于刚性磨床磨削工模具钢。这类磨料包括Norton的SG（引晶凝胶）和3M的Cubitron。

2. 碳化硅是一种磨料，主要用于磨削铸铁和奥氏体不锈钢，也可用于磨削硬化的工模具钢。它主要有两种不同的形态：黑色碳化硅和硬度更高一些的绿色碳化硅，它比黑色材料更脆。
3. 立方氮化硼（CBN）的制造工艺与合成金刚石类似，这种磨料主要用于磨削硬化的高碳化物工模具钢和高速钢。为陶瓷或烧结氧化铝的氧化铝。此磨料具有精细的晶体结构，这意味磨粒能更好地保持尖锐度。

4. 尽管硬度高，但因其热阻低，金刚石较少用作研磨工模具钢，而主要用于磨削硬质合金和陶瓷材料。

磨粒尺寸

磨粒尺寸是正确选择砂轮的一个重要因素。

磨粒尺寸按照网格大小，即目/英寸的国际单位进行分类，从8目（粗）到1200目（超精细）不等。研磨工模具钢用的磨粒磨损通常介于24-100目。粗粒尺寸适用于快速磨削大型工件、较软质材或接触面大的砂轮。细粒尺寸适用于磨削硬质材料，或接触面小的砂轮，打造高光洁度的表面。

磨件表面的平滑程度不仅取决于磨粒颗粒尺寸。砂轮的锋利度、所用的接合材料以及砂轮的硬度对表面光洁度也相当重要。

对金刚石和CBN砂轮，欧洲砂轮制造商用微米直径标示磨粒的尺寸，而美国和日本厂商用单位“目”（即网格大小）。

砂轮等级

砂轮按硬度（即磨粒与粘合剂结合的牢固程度）分级。因此，等级与砂轮本身磨料的硬度无关。

砂轮等级主要是由砂轮粘合剂的用量决定。粘合剂比例较高，则气孔数量较少，砂轮硬度更高。

砂轮等级由一个字母表示，硬度随字母顺序递增：

E = 构件极软
Z = 构件极硬

用于工模具钢的砂轮最常见硬度为G-K。等级标记用硬度加上一个砂轮磨粒分布的数字来表示。

砂轮粘结剂

以下粘结剂用于把磨粒粘结在砂轮上：

- 陶瓷：V
- 树脂：B
- 橡胶：R
- 金属：M

陶瓷砂轮最常用于磨削工模具钢。

树脂粘结剂用于高圆周速度的砂轮（如某些CBN砂轮）。



图片显示了CBN砂轮和常规磨轮之间的差异。由于CBN砂轮较昂贵，用它制成的砂轮在中心轮毂部位通常加一层薄薄的铝磨料层。

橡胶粘结剂用于特定高压研磨的砂轮（例如无心磨削的控制轮）。

金属粘结剂用于金刚石和某些CBN砂轮。这样的砂轮能承受非常高的圆周速度。

砂轮的工作原理

磨削是一种切割工艺，由磨料颗粒构成切削刃。同样原理也适用于其他切屑工艺，虽然不同的因素导致磨削原理可能有所差异。

特殊的磨削条件。

- 切削工具如有不规则的切割形状和磨粒不均匀，可导致切削、刨槽和滑动等，参见图2。
- 切削形状会改变。磨削工具的工作原理包括一定程度的“自锐”能力，这意味着磨料在研磨过程中会自行断裂或替换。
- 负切割角度。磨粒磨损若呈现不规则“钝”状，意味着该倾斜角通常为负。
- 非常多的切削刃。
- 非常高的切削速度。最常见的精密磨削速度为每秒35米，即每分钟2100米，远远高于其他切割工艺的正常速度。
- 非常小的切屑，即每个切削刃的切削深度都非常小。

磨粒磨损

作用于单个磨粒磨损的磨削力被称为比力。比力的平均值可以将切削刃的数量与总力相除而得，它取决

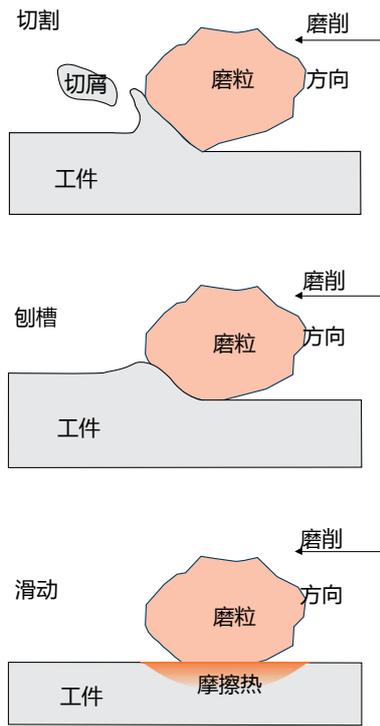


图2. 磨削过程中（详细解析）的不同条件。切割一般都是负角度。

于接触面积的大小以及研磨工具切削刃的数目。

比力不同，效果也不相同，包括砂轮的自锐程度，即其“工作硬度”。总力是指砂轮和工件之间的作用力。

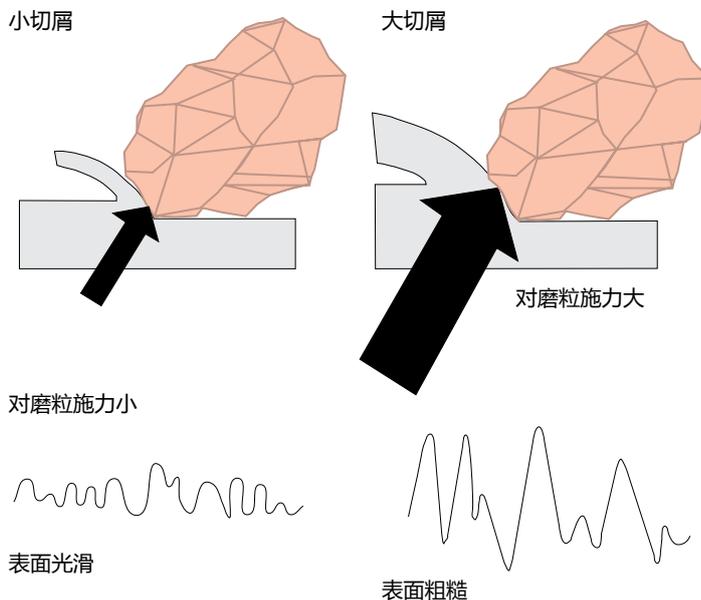


图3. 切屑尺寸过大导致工件表面粗糙，光洁度差。

砂轮的磨损

磨料颗粒最初是尖锐的，但如同其他切削刃一样，它们在使用过程中会磨损，逐渐变钝。

最后，钝化的磨粒磨损无法顺利地切入工料。它们无法再磨削材料，只是摩擦生热。最后，砂轮等于在烧灼材料，可能导致裂纹。

要保证砂轮正常工作，粘结剂的强度与应力必须保持一定的均衡，即当磨粒磨损在可接受范围变钝之后，它们应脱离粘结剂，并用新的锐利磨粒磨损替换之。换句话说，砂轮具有自锐的特性。磨粒磨损断裂时也可能产生自锐现象，从而产生新的切削刃。

要保证砂轮正常工作，粘结剂的强度与应力必须保持一定的均衡，即当磨粒磨损在可接受范围变钝之后，它们应脱离粘结剂，并用新的锐利磨粒磨损替换之。换句话说，砂轮具有自锐的特性。磨粒磨损断裂时也可能产生自锐现象，从而产生新的切削刃。

自锐的程度，即砂轮的软硬程度，取决于砂轮的构件（其设计硬度）及工作条件。

平均切屑厚度

虽然研磨去除的切屑尺寸小且不规则，但其平均厚度在任何时间里都相对恒定。其数值随磨削类型以及磨削数据的变化而变化。

如果砂轮切割较大尺寸的切屑，这意味着：

1. 每个切削刃承载更高的负荷，即较高的比力。这增强了砂轮的自锐特性，同时造就其较软的特点。
2. 磨削后的部件表面较粗糙，见图3。

平均切屑厚度变小后的效果恰恰相反。因此，了解磨削数据和其它条件的变化如何影响平均切屑厚度至关重要。

切削效率

磨削时，每个单位时间的切屑量可表示为 mm^3/s 。这通常称为切削率，取决于机床进给效率、砂轮构成、切割速度（圆周速度）以及（某些情况下）工件的尺寸。

探讨切削效率往往比起工作台进给速度、进给深度等更有意义，而且更容易计算。从成本上考虑，切削速率越高越理想。如果在不增加磨粒磨损的数目的情况下提高切削率，例如加大进刀深度，切屑尺寸也自然增加。

切削速度

砂轮的圆周速度对实际作业的切削刃数目有着直接的影响。

如果切割速度加倍，每单位时间通过该工件的磨料颗粒数目将翻倍；如果工件速度保持不变，平均切屑厚度将减小，从而降低每个磨粒磨损的切削力。自锐效果降低，即从实际效果上看，砂轮会变得更硬，从而增加表面光洁度，但会增大表面灼烧的风险。

相反地，降低砂轮速度会增加切屑的厚度，造成砂轮变软的效果。

通常，提高圆周速度与工件速度，可以提高总体切削速度。

砂轮的G比（磨削比）

砂轮的磨削比是指材料的磨除量与砂轮磨损量之间的关系。磨削比是衡量砂轮对特定工件材料的作业效率。

砂轮接触面

它通常发生在砂轮与实际切割的工件之间的接触面上。接触表面大意味着涉及的切削刃数量更多，从而缩小了切屑尺寸，减小了比力。同样，接触面较小造成较大的切屑尺寸与更高的比力。

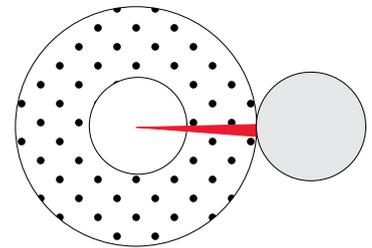
原则上，接触表面呈矩形。沿切割方向的延展部分称为接触长度或接触弧，而垂直于切割方向的延展部分称为接触宽度。

接触长度主要取决于磨削类型。此外，它也取决于砂轮的直径、切削

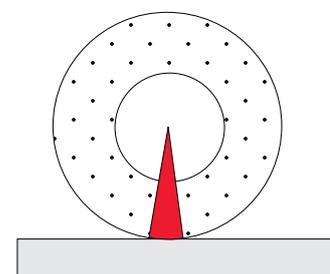
深度以及任何情况下（表面磨削除外）的工件尺寸。接触长度的差异是各类磨削作业选择不同砂轮组合的主要考虑因素。

在内圆磨削时，如果砂轮直径只比磨孔小一点，其接触长度将相当大，从而导致每颗磨粒磨损的切削力较小。如果砂轮会正常自锐，它的构件必须比外圆磨削砂轮更软。

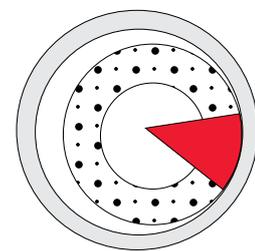
外圆磨床



表面磨削



内圆磨削



节段表面磨削

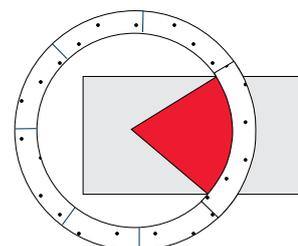


图4. 不同的磨削带来接触长度的差异。

在后一种情况下，其接触长度较短，这意味着每颗磨粒磨损的切削力较大。

接触宽度可能与砂轮的宽度相同，如切入磨削。然而，在诸如移动工作台表面磨削时，砂轮实际上只有一部分在进行切割，随着砂轮逐渐磨损，这部分也会变形。必要时，可通过修整砂轮，减少接触宽度。这将减少接触面积，从而（正如已描述的那样）加增切削片厚度、加大磨粒负载以及有效软化砂轮。

接触面的切削刃数量

接触面的切削刃数量对切屑片厚度和磨削工艺的影响都很大。

每单位面积的切削刃越多意味着更多磨粒磨损参与磨削作业，从而减少了切屑片的厚度和比力。

磨粒大小也影响着切削刃的数量，一般认为磨粒磨损较细的切割轮的硬度似乎更大。

砂轮修整与修形

砂轮修整与修形通常被认为是同一操作。

修整是为了让砂轮表面获取某些特

性，并确保同轴度。

修整是对砂轮表面的调整，以获得理想的切割操作。砂轮修整会显露锋利的切削刃。同一个或同样砂轮采用不同的修整工具或方法可能造就完全不同的磨削特性。因此修整是打造良好的磨削性尤为重要的参数。

让砂轮表面更光滑的修整，会使切削刃磨粒磨损更紧密，而让砂轮表面粗糙的修整，会赋予砂轮开放式的结构。修整让相同的砂轮取得完全不同的磨削效果。

自锐程度会影响砂轮表面的结构，即每个区域磨削刃的数目。

自锐性较强的砂轮，与自锐性较差的相比，结构不同，且呈开放形态。

用于修整与修形砂轮的工具有多且各不相同，如辊碎机和金刚石模具。CBN砂轮的修整采用金刚石涂层辊，效果最佳。

某些类型的砂轮，如热固树脂粘结的CBN砂轮，修整后需“敞开”。这揭示了磨粒磨损与切屑成型之间的空间状态。在实践中，这可以通过将湿氧化铝石塞进砂轮几秒钟来实现。



磨削机

磨削作业类型与机床对选择合适的砂轮组合至关重要。

磨削机的刚性越大，越能适应高磨削的作业压力。这是由于磨床的刚性与夹具方法决定了可承受的磨削压力，因此限制砂轮的选择范围。如果机床刚性不足，则应选择较软的砂轮，或确保砂轮和工件之间接触面积较小，才能达到自锐所需的条件。

磨削机的速度也影响着砂轮的选择。CBN砂轮通常需要每秒45米的圆周速度，以保证良好的切割性能。

磨削液

在磨削及其它切割操作中，切削液主要用于：

- 冷却工件
- 充当润滑剂，减少切屑片、工件和砂轮之间的摩擦
- 清除接触面中的切屑

用于磨削的切削液主要有三种类型。

- 水溶液。这类液体包含合成添加剂的水，可加强其润湿功效，防止腐蚀。这种液体无油，具有良好的散热性能，但润滑性能较差。
- 乳液。这是水与 2-5% 细密分散的油所组成的混合物。也可加入硫或氯作为EP（极压）添加剂。

- 切削油。其中含有矿物油基与极压添加剂。切削油润滑效果出色，但冷却性能较差。

水溶液最为适合金刚石砂轮磨削。

如今，乳液因其生态环保的特性及良好的性能，被广泛应用于磨削作业。

切削油对于细颗粒砂轮切入磨削作业，如磨削螺纹时，效果最好。切削油能最大限度地延长热固树脂粘结CBN砂轮的寿命（虽然出于排污减排的考量，高油乳剂往往是首选）。

工模具钢

工模具钢的合金成分对易磨削性的影响相当大。

磨削低合金工模具钢一般不存在任何问题。然而，磨削富含碳化物的高合金钢易引发问题，需谨慎选择砂轮和操作参数。

钢的耐磨性越高，磨削难度也越高。钢的耐磨性或其易磨削性，取决于它的基体硬度及其碳化物的大小、硬度和数量。

为提高工模具钢的耐磨损性，需在钢中加入形成碳化物的元素，其中最主要是铬和钒，以形成合金。钢

中应有较高的碳含量，以形成所需的碳化物。

图5显示了工模具钢基本相的硬度、工模具钢中最常见的碳化物硬度，以及常用磨料的硬度。

如图所示，只有金刚石和CBN比所有工模具钢中的碳化物都坚硬。然而如前所述，金刚石并不适合磨削钢。

钢材中碳化物的含量与大小对材料易磨削性有着相当大的影响。数量越多，碳化物越大，材料越难磨削。

这就是为什么以粉末冶金法生产的工模具钢具有较小的碳化物，而且比常规生产的类似成分的钢更容易磨削。

在实践中，粉末冶金被用来增加工模具钢的碳化物含量，即，这类钢比传统钢的合金化程度更高，这通常意味着它们更难磨削。

硬度对磨削性的影响也取决于钢材中形成碳化物的合金元素的数量。



硬化 MIRRAX ESR 的精细磨削

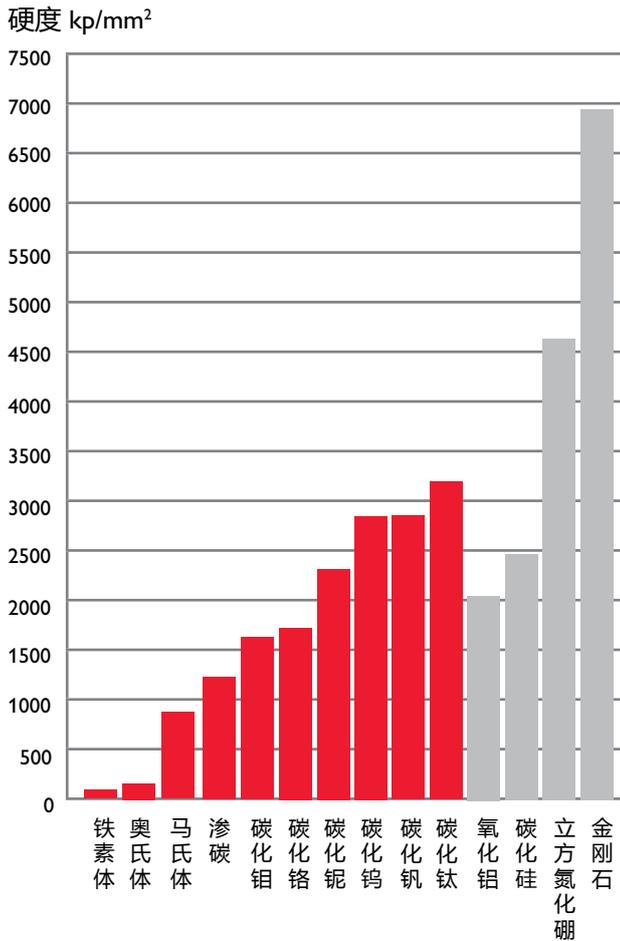


图5. 磨削磨料的硬度、工模具钢基本相的硬度及所含碳化物的硬度。

磨削裂纹和磨削应力

错误的砂轮磨削参数选择将导致相当大的工件裂纹风险。

一般来说，磨削裂纹是不容易从看照片看得出来的。



磨削裂纹

可磨性指数

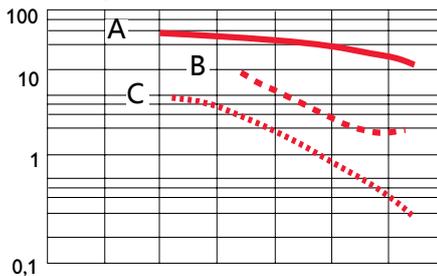


图6. 硬度对可磨性的影响：

- A – ASSAB DF-3 型低合金工模具钢
- B – ASSAB XW-42 型的材料
- C – Vanadis 10 SuperClean 材料。

如图6所示，硬度对高碳钢的可磨性影响更大。

为了让富含碳化物的高合金工模具钢获得良好的磨削性能，选择正确的砂轮至关重要。例如 Vanadis 系列材料中含有大量的碳化钒。切割碳化钒要求磨料要具备高过氧化铝或碳化硅的硬度。

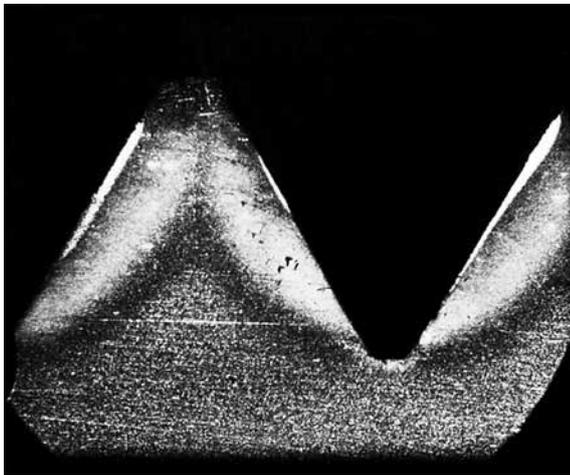
因此，CBN 砂轮作为磨削材料的首选，备受推崇。尽管如此，Vanadis 钢在通过氧化铝或碳化硅磨削除材料，实际上磨掉了碳化物周围的物质，使碳化物脱离钢材基体。然而，代价是砂轮高磨耗，甚至可能造成磨削性能变差。

磨削裂纹往往自垂直磨削的方向上形成，通常这意味着工具要报废了。与非淬硬钢相比，淬硬钢对磨削裂纹更敏感。只淬硬但未回火的材料，不适合磨削：淬硬材料在磨削前都必须先回火处理。

磨削裂纹的形成原因如下：

几乎所有磨削能量都会转换成热能，一部分是纯摩擦，另一部分是材料变形而产生的。如果已选择正确的砂轮，大部分热量将随着切屑片除去，只有少量热量存留于工件上。

对淬硬工模具钢使用不正确的磨削方法可导致磨削表面的温度超过材料的回火温度。这将造成表面硬度降低。如果温度进一步上升,可能达到材料的淬火温度,从而再硬化。这将在表层生成非回火马氏体和回火马氏体混合物,以及残留的奥氏体(如下图所示)。材料承受非常高的应力,往往会导致裂纹的形成。



下图显示了因不正确的磨削方式导致再硬化的工模具钢表面的硬度分布。

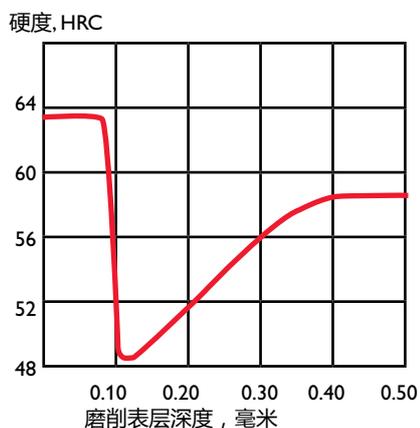


图7. 不正确磨削过的工具表层的硬度情况。

由于回火马氏体的存在,表面硬度较高。过度回火的部分刚好位于表面之下,其硬度低于工件基本硬度。

不正确的磨削造成表面涂层改性,通常表现为烧痕,即磨削表面变色。为了避免灼伤及磨削裂纹,有必要保持表面的温度不过热,例如应确保散热良好、正确使用修整过的砂轮,保持切割材料的切削刃足够锋利,就不会只因摩擦而产生热量。

图8显示了不正确的磨削方式导致裂纹的一个简单例子。淬硬凸模冲头需进行外圆磨削,在磨削过程中冲头(b)被磨平。

另一方案A显示使用90°刃边的精修砂轮。适用于表面(a)外圆磨削的砂轮对表面(a)的磨削效果出色。此处接触面小,因此自锐性能良好。然而,冲头将被磨平,从而扩大了与砂轮的接触面。当作用于磨粒磨的比力较低时,砂轮不易自锐。相反,表面(b)承受大部分的摩擦应力时,所产生的热量可导致磨削裂纹。

另一方案B显示了更适合凸模磨削的方式。这种情况下,如图所示砂轮侧面已修整,因而接触面(b)较小。这将改善自锐性,避免发生磨削过热的情况。

案例C显示磨削该部件的首选方式。砂轮预设特定的角度,使得两个接触面积大致相同。

淬火材料残留的奥氏体数量也会影响磨削效果。如残余奥氏体增多,磨削时产生裂纹的风险亦会增加。

大多数磨削操作会在磨削表面遗留残余的应力。这些应力通常存在最接近表面的地方,在磨削较薄的材料时,可能在磨削薄料时发生永久变形。

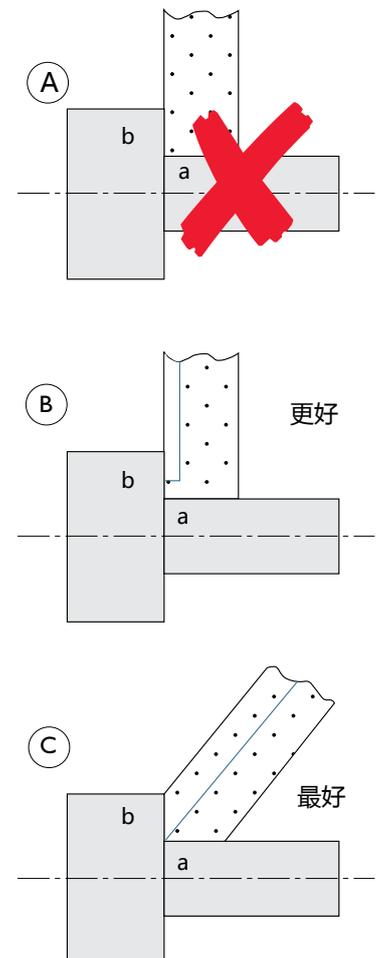


图8. 不正确磨削方式往往会产生磨削裂纹。

图9所示的三个例子中，例1最易形成裂纹。图片显示其表面承受着拉应力，一旦超出材料极限拉伸强度，极易导致材料开裂。

例2和例3最没有风险——表面应力是压应力，从而改进磨削表面的抗疲劳强度。

但是，遗憾的是，除非应力高到产生可见的磨削裂纹，否则很难通过简单检查，确定磨削部件的压力模式。

磨削后进行回火处理，有助于消除应力，从而降低磨削应力。回火温度应比上一次的回火温度低约25°C，以避免工件硬度降低。

减少磨削应力的另一种方法是对磨削部件进行滚压或喷丸处理。

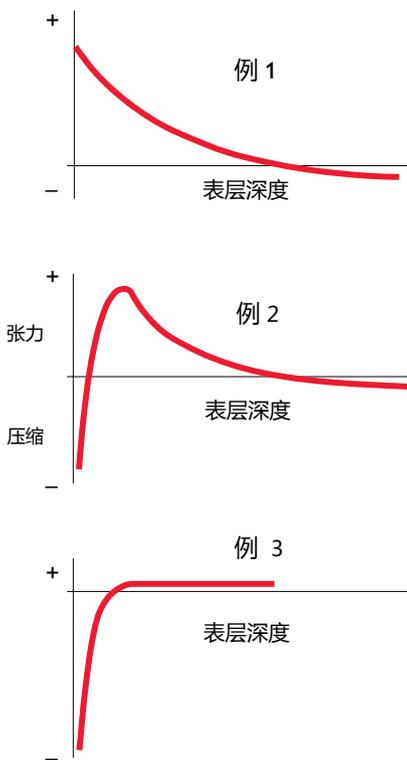


图9 磨削表面应力分布的三个典型例子。

一胜百工模具钢的磨削建议

高碳工模具钢的磨削

高碳工模具钢含碳高，耐磨性好，需要特别推荐磨削作业和砂轮选择。对大多数磨削操作而言，CBN砂轮是这种钢的最佳选择。

富碳工模具钢有两种不同类型，即普通钢与粉末钢。影响磨削性能的主要区别在于碳化物的硬度、尺寸和分布，如图10。

- 粉末钢，如Elmax、Vanadis和Vancron，除高合金外，由于细小的碳化物/含氮碳化物，因此具有较好的磨削特性。细小的碳化物也赋予砂轮较好的自锐特性
- 普通钢，如ASSAB XW-10、ASSAB 88 和 ASSAB XW-42，由于碳化物较大，在自锐性方面无法与粉末钢媲美。然而，较低的碳化物硬度与含量有助于磨削性能。

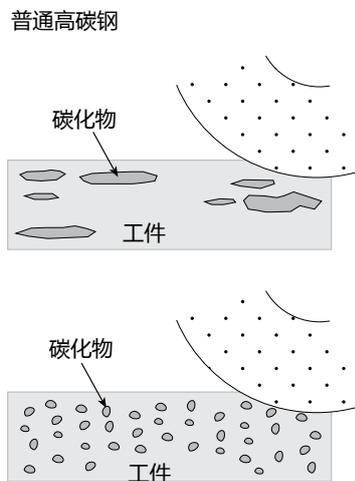


图10. 高碳工模具钢中碳化物的尺寸及分布(详细示意图)。

图11显示了Vanadis 10 SuperClean与氧化铝、细晶氧化铝和CBN砂轮的表面磨削试验结果。

如图11所示，使用CBN砂轮去除材料更快，磨削比更高。这些砂轮切割温度较“冷”，从而降低了“灼烧”表面的风险。

要知道，材料成型磨削时会产生大量热。实验表明，CBN陶瓷砂轮特别适用这种作业。这些砂轮也在其他对圆周速度要求较高的磨削作业中有良好的表现。

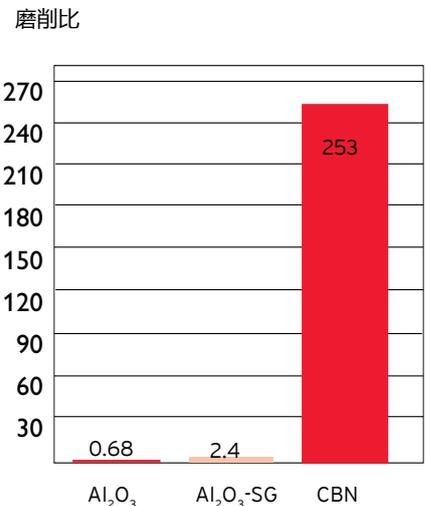
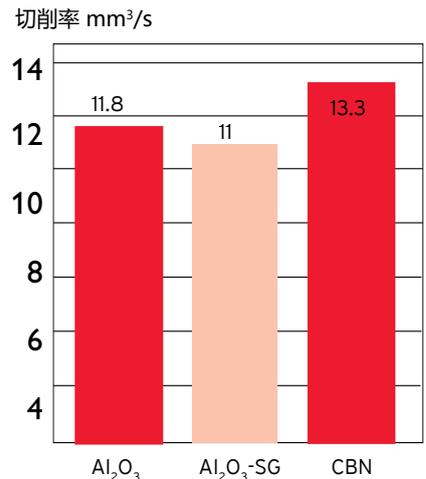


图11. 使用各种砂轮对 Vanadis 10 SuperClean 进行表面磨削。(砂轮宽度: Al₂O₃ 40mm CBN 20 mm)

如果氮化硼砂轮不适用，必须谨慎选择砂轮的类型。建议采用白色氧化铝或绿碳化硅砂轮。如果是刚性的磨削装置，应选择细结晶氧化铝合金轮，如 Norton SG，以取得较好的效果。

磨削高碳钢时，应选择较软的砂轮，以确保良好的自锐性。

此外，必须牢记以下几点：

- 磨床丝毫不振动，具备良好的刚性和工作状态
- 工件必须牢固夹紧。在磨削长且薄的工件时，应使用稳固的支架
- 在修整 Al_2O_3 和SiC砂轮时，使用尖锐的锥形金刚石。修整后的表面呈粗糙状
- 保持砂轮的高圆周速度
- 确保磨削部分有充足的冷却液
- 如果进行无冷却液磨削，所选的砂轮在硬度上，应比使用冷却液的磨削砂轮低一级
- 淬硬工件未回火前，切勿磨削

普通工模具钢的磨削

本组包括所有其他普通工模具钢。如果采纳常见的磨削建议，即可减少磨削工模具钢时出现的问题。普通氧化铝砂轮非常适用于这些钢材的磨削。如果钢材在淬火和回火状态下进行磨削，则CBN砂轮同样适用。

沉淀硬化钢的磨削

沉淀硬化钢，如Corrax，磨削时的表现与工模具钢稍有不同。它容易

堵塞砂轮，特别是如果砂轮较硬，且结构紧密。堵塞会导致磨削效率低和表面粗糙等问题。为防止堵塞，请遵守以下建议：

- 砂轮应具有开放式的多孔结构
- 使用比其他类型的工模具钢更软的砂轮（硬度）等级
- 应经常粗修砂轮
- 冷却剂浓度要高（> 5），保证良好的润滑效果

推荐使用常规的 Al_2O_3 砂轮，但磨削少量高表面光洁度的材料时，SiC砂轮是更适合的选择。固溶处理与自然时效处理在可磨性上没有特别的差异。在砂轮推荐列表中，13-14页列出了适合标准型的砂轮。然而，如果这类砂轮需要磨削大量这类型的钢材，建议选择比标准砂轮的结构更开放的砂轮。

切削速度和进给量

砂轮转速（切削速度）

使用小型磨削机时，主轴的转速往往限制了切削速度的选择。

陶瓷粘接剂砂轮常见的安全转速上限35米/秒。然而，某些砂轮被批准用于125米/秒的圆周速度。

常见的表面切削和外圆磨削速度一般为20-35米/秒。改变砂轮的圆周速度可能改变其磨削性能。如工件转速不变而增加砂轮的圆周速度，这意味着从作业表现看，砂轮似变硬。如降低圆周速度，砂轮似变软。

CBN树脂粘接剂砂轮适合的圆周速度为30-40米/秒。而CBN陶瓷粘接剂砂轮的切削速度通常应 ≥ 45 米/秒。

当磨削高碳工模具钢，砂轮的圆周速度要够快。对Elmax SuperClean外圆磨削测试表明，当圆周速度从60米/秒降至30米/秒时，砂轮磨削比从127降至28时。换言之，切割速度对磨削效率大有影响。



工件转速

表面磨削的工件速度应为10-20米/分钟。普通外圆磨削的工件速度应有15~20米/分钟。对直径较小的工件而言，5-10米/分钟的磨削速度最为合适。

改变工件速度也是改变砂轮磨削性能的一种手段。提高工件速度时，砂轮似变软；降速则砂轮似变硬。

横向进给

砂轮的横向进给速度，即其横向运动，其粗磨的速度比精磨的速度更快。

外圆磨削时工件每转一圈，横向进给应为砂轮宽度的 1/3 至 1/2 左右。对高光洁度的表面进行磨削时，工件每转一圈，该比率应减少至砂轮宽度的 1/6 - 1/3。

如果对表面光洁度要求很高，横向进给可进一步减少至砂轮宽度的 1/8 - 1/10。

平砂轮磨削表面时，应选择每次横向进给量为砂轮宽度 1/6 - 1/3。同样，对表面光洁度要求高的情况，可减少进给量。

注意：当跨进料增大时，砂轮和工件之间的有效接触表面积变大，从而磨轮硬度明显增加。

进给

砂轮的进给取决于砂轮的类型、磨削机和/或工件夹的刚性。

使用普通砂轮进行外圆磨削的参考值：

粗加工~0.05毫米/移动。

精加工~0.05-0.010毫米/移动。

使用CBN砂轮外圆磨削时，以上的进给量应减半。

用直砂轮进行表面磨削时，普通砂轮的进料深度为：

粗加工~0.025-0.075毫米/移动。

精加工~0.005-0.010毫米/移动。

使用CBN砂轮时，进给深度是：

粗加工~0.010-0.040毫米/移动。

精加工 0.005-0.010毫米/移动。

当使用微细结晶的氧化铝磨料砂轮，如 Norton SG，进料深度应稍微超过上述的值，以达到更高的磨削压力，从而增强自锐性能。

砂轮修整

修整期间，螺旋线沿砂轮圆周形成。该修整工具上的螺旋线会影响砂轮的结构。螺旋线取决于砂轮的每分钟转数(r.p.m)以及修整工具的速度。

以下是用单点金刚石及类似工具对砂轮进行整修的一般规则：

	粗整形	精整形
金刚石进给 (毫米)	0.02-0.04	0.01-0.02
金刚石横向速度比 (毫米/轮转)	0.15-0.30	0.05-0.10

金刚石对高温敏感。因此，金刚石用于修整时应始终使用大量冷却液。金刚石接触砂轮之前，冷却剂就应该始终进入工作状态。单点金刚石修整工具应有规律地旋转，以保持尖锐度。

磨削问题 – 补救措施

下表显示了各种能够磨削问题的主要解决措施：

症状	补救措施
振动纹	检查砂轮平衡。 确保金刚石的尖锐度。 确保金刚石稳固。
表面过于粗糙	采用慢速精细的横向进给修整方式。 降低作业速度。 采用细砂轮。 使用较硬等级的砂轮。
较短的砂轮使用寿命	确保切割速度足够快。 减少切割和进给深度。 使用较硬等级的砂轮。
表面斑点	检查冷却液过滤。 冲洗砂轮保护罩。

适用砂轮

第13-14页列出的砂轮是基于砂轮制造商的推荐以及自身或他人的使用经验。然而，必须强调的是，砂轮的选择取决于磨床的类型、夹具的刚性和工件的大小，这意味着推荐只是起点，之后还需优化每一步工艺。

砂轮的例子

砂轮有SlipNaxos¹⁾、Tyrolit²⁾、Norton³⁾与 Unicorn⁴⁾ 这几种类型。这些名称基本符合国际标准。

一胜百钢种	条件	无心	表面平磨轮	平面磨削分区
ALVAR 14 ASSAB DF-3 CALDIE CALMAX DIEVAR MIRRAX ESR ASSAB 8407 SUPREME ASSAB 8407 2M POLMAX QRO 90 SUPREME STAVAX ESR UNIMAX VIDAR 1 ESR	软化退火	¹⁾ 33A 60 LVM ²⁾ 89A 60 2 K5A V217 ³⁾ SGB 60 MVX ⁴⁾ 51A 601 L5V MRAA	¹⁾ 43A 46 HVZ ²⁾ 91A 46 I8A V217 ³⁾ 3SG 46 G10 VXPM ⁴⁾ WA 46 HV	¹⁾ 43A 24 FVZ ²⁾ 88A 36 H8A V2 ³⁾ 86A 30 G12 VXPM ⁴⁾ WA 24 GV
	淬硬	¹⁾ 62A 60 LVZ ²⁾ 89A 60 2 K5A V217 ³⁾ SGB 60 MVX ⁴⁾ 48A 601 L8V LNAA	¹⁾ 48A 46 HVZ ²⁾ 97A 46 2 H8A V217 ³⁾ SGB 46 G10 VXPM ⁴⁾ WA 46 GV	¹⁾ 48A 46 FVZP ²⁾ 97A 46 1 H10A V2 ³⁾ 86A 36 F12 VXPC ⁴⁾ WA 36 GV
ASSAB 718 Supreme MIRRAX 40 NIMAX RAMAX HH ROYALLOY	预硬化	¹⁾ 33A 60 LVM ²⁾ 97A 60 1 K5A V217 ³⁾ SGB 60 MVX ⁴⁾ 51A 601 L5V MRAA	¹⁾ 43A 46 HVZ ²⁾ 89A46 2 I7A V217 ³⁾ SGB 46 G10 VXPM ⁴⁾ WA 46 GV	¹⁾ 43A 24 FVZ ²⁾ 88A 36 H8A V2 ³⁾ 86A 36 F12 VXPC ⁴⁾ WA 24 GV
氮硬化钢: CORRAX		¹⁾ 33A 60 KVM ²⁾ 97A 60 2 K5A V227 ³⁾ SGB 60 KVX ⁴⁾ 48A 601 J8V LNAA	¹⁾ 43A 46 GVZ ¹⁾ 15C 46 HVD ²⁾ 89A 46 1 H8A V217 ³⁾ 3SG 46 G10 VXPM ⁴⁾ WA 46 HV	¹⁾ 43A 36 FVZ ¹⁾ 15C 36 GVD ²⁾ 89A 362 I 10A V237 P20 ³⁾ 1TGP 36 F12 VXPC ⁴⁾ WA 24 GV
高碳钢: ELMAX* ASSAB XW-10 ASSAB 88 ASSAB XW-5 ASSAB XW-42 VANADIS 4 EXTRA* VANADIS 6* VANADIS 10* ASSAB PM 23* ASSAB PM 30* ASSAB PM 60* VANCRON 40*	软化退火	¹⁾ 33A 60 LVM ²⁾ 97A 60 2 J5A V227 ³⁾ SGB 60 LVX ⁴⁾ 51A 601 L5V MRAA	¹⁾ 43A 46 HVZ ²⁾ 455A 36 2 K15 V3 P22 ³⁾ 3SG 46 G10 VXPM ⁴⁾ WA 46 HV	¹⁾ 43A 36 FVZ ²⁾ 454A 46 K13 V3 ³⁾ 53A 30 F12 VBEP ⁴⁾ WA 24 GV
ASSAB XW-10 ASSAB 88 ASSAB XW-42 ASSAB PM 23* ASSAB PM 30* VANCRON 40*	淬硬	¹⁾ 48A 60 LVZ ¹⁾ 820A 60 LVQ ²⁾ 97A 60 1 K5A V227 ³⁾ SGB 60 LVX ⁴⁾ 48A 601 L8V LNAA ⁴⁾ 43A 601 L8V LNAA	¹⁾ B151 R50 B3 ¹⁾ 420A 46 G12VQP ²⁾ 51B126 C50B Vib-Star ²⁾ 455A 36 2 K15 V3 P22 ³⁾ SGB 46 HVX ³⁾ 3SG 46G10 VXPM ⁴⁾ B126 V18 KR237 ⁴⁾ 27A 46 HV	¹⁾ 420A 46 FVQP ²⁾ 89A 362 I8A V2 ³⁾ 3SG 36 HVX ⁴⁾ WA 36 HV
ELMAX* ASSAB XW-5 VANADIS 4 EXTRA* VANADIS 6* VANADIS 10* ASSAB PM 60*	淬硬	¹⁾ 48A 60 LVZ ¹⁾ 820A 60 LVQ ²⁾ 97A 60 K5A V217 ³⁾ SGB 60 LVX ⁴⁾ 48A 601 L8V LNAA ⁴⁾ 43A 601 L8V LNAA	¹⁾ B151 R50 B3 ¹⁾ 420A 46 G12VQP ²⁾ 51B126 C50B Vib-Star ²⁾ 455A 36 2 K15 V3 P22 ³⁾ C150 QBA ³⁾ SGB 46 HVX ⁴⁾ B126 V18 KR237 ⁴⁾ 27A 46 HV	¹⁾ 420A 46 FVQP ²⁾ 454A 46 K13 V3 ³⁾ 3SG 46 FVSPF ⁴⁾ WA 46 FV

* SuperClean 粉末冶金工模具钢

一胜百钢种	条件	圆磨削	内圆磨削	磨削螺纹
Conventional steel: ALVAR 14 ASSAB DF-3 CALDIE CALMAX DIEVAR MIRRAX ESR ASSAB 8407 SUPREME ASSAB 8407 2M POLMAX QRO 90 SUPREME STAVAX ESR UNIMAX VIDAR 1 ESR	软化退火	¹⁾ 33A 46 KVM ²⁾ 89A 60 2 K5A V217 ³⁾ 19A 60 KVS ⁴⁾ 48A 46 LV	¹⁾ 77A 60 K9VZ ²⁾ 89A 60 2 K6 V112 ³⁾ 32A 46 L5 VBE ⁴⁾ WA 46 JV	¹⁾ 42A 100 IVZ ²⁾ 89A 801 G11A V237 P25 ³⁾ 32A 100 KVS ⁴⁾ WA 100 LV
	淬硬	¹⁾ 48A 60 KVZ ²⁾ 92A 60 2 I6 V111 ³⁾ 5GB 60 KVX ⁴⁾ WA 60 JV	¹⁾ 77A 80 K9VZ ²⁾ AH 120 K6 VCOL ³⁾ 32A 60K5 VBE ⁴⁾ WA 60 IV	¹⁾ 42Z 1003 HVZ ²⁾ 89A 100 2 H11A V2 ³⁾ 32A 100 KVS ⁴⁾ WA120 JV
ASSAB 718 Supreme MIRRAX 40 NIMAX RAMAX HH ROYALLOY	预硬化	¹⁾ 33A 46 KVM ²⁾ 89 60 2 K SA V217 ³⁾ 19A 60 KVS ⁴⁾ 48A 46 LV	¹⁾ 77A 60 K9VZ ²⁾ 97A 60 2 K6 V112 ³⁾ 32A 46 L5 VBE ⁴⁾ WA 46 JV	¹⁾ 42Z 100IVZ ²⁾ 89 80 1G11A V237 P25 ³⁾ 32A 100 KVS ⁴⁾ WA 100 LV
淀硬化钢: CORRAX	固溶处理或时效处理	¹⁾ 42A 60 JVZ ²⁾ 15V 60 IVD ³⁾ 89A 60 2 J5A V217 ⁴⁾ 5GB 60 JVX	¹⁾ 42A 60 J9 VZ ¹⁾ 15C 60 IVD ²⁾ 64B91 K11 V333 VV ³⁾ 32A 46 KS VBE ⁴⁾ 77 461 K7VLNAA	¹⁾ 42A 100HVZ ²⁾ 89A 80 1G11A V237 P25 ³⁾ 32A 100 JVS ³⁾ 77A 100 JBV LNAA ⁴⁾ 25A 601 J85VP MCNN
高碳钢: ELMAX* ASSAB XW-10 ASSAB 88 ASSAB XW-5 ASSAB XW-42 VANADIS 4 EXTRA* VANADIS 6* VANADIS 10* ASSAB PM 23* ASSAB PM 30* ASSAB PM 60* VANCRON 40*	软化退火	¹⁾ 62A 60 KVZ ²⁾ 454A 80 J11 V3 ³⁾ 5GB 60 KVX ⁴⁾ 48A 46 LV	¹⁾ 77A 60 K9 VZ ²⁾ AH 120 K6 VCOL ³⁾ 32A 46 L5 VBE ⁴⁾ WA 46 JV	¹⁾ 42A 100IVZ ²⁾ F13A54 FF22V Strato ³⁾ 32A 100 KVS ⁴⁾ WA 100LV
ASSAB XW-10 ASSAB 88 ASSAB XW-42 ASSAB PM 23* ASSAB PM 30* VANCRON 40*	淬硬	¹⁾ B151 R50 B3 ¹⁾ 48A 60 KVZ ²⁾ 51B126 C50B Vib-Star ²⁾ 454A 80 J11 V3 ³⁾ 5GB 60 KVX ³⁾ 3SGP 70 JVX ⁴⁾ B126 V18 KR191 ⁴⁾ 27A 60 JV	¹⁾ B151 R75 B3 ¹⁾ 430A 80 J VQA ²⁾ 51B126 C100 B54 ²⁾ C202 H5A V18 ³⁾ CB150 TBA ³⁾ 3SG 60 JVX ⁴⁾ B126 V24 KR237 ⁴⁾ 27A 60 HV	¹⁾ B126 R100 B6 ¹⁾ 820A 1003 GVQ ²⁾ B126 C75 B53 ²⁾ 89A 80 1 G11A V237 P25 ³⁾ CB150 TBE ³⁾ 5SG 80 KVX ⁴⁾ B126K V24 KR237 ⁴⁾ 27A 100 JV
ELMAX* ASSAB XW-5 VANADIS 4 EXTRA* VANADIS 6* VANADIS 10* ASSAB PM 60*	淬硬	¹⁾ B151 BR50 B3 ¹⁾ 420A 54 JVQ ²⁾ 51B126 C50 Vib-Star ²⁾ 454A 80 J11 V3 ³⁾ CB150 QBA ³⁾ 5GB 60 KVX ³⁾ 3SGP 70 JVX ⁴⁾ B126 V18 KR191	¹⁾ B151 R75 B3 ¹⁾ 430A 80 J VQA ²⁾ 51B126 C100 B54 ²⁾ C202 H54 V18 ³⁾ CB150 TBA ³⁾ 3SG 60 JVX ⁴⁾ B126 V24 KR237 ⁴⁾ 27A 60 HV ⁴⁾ 27A 60 IV	¹⁾ B126 R100 B6 ¹⁾ 820A 1003 GVQ ²⁾ B126 C75 B53 ²⁾ F13A 54 FF22V Strato ³⁾ CB150 TBE ³⁾ 5SG 80 JVX ⁴⁾ B126K V24 KR237 ⁴⁾ 27A 100 IV

* SuperClean 粉末冶金工模具钢

区域办事处

新加坡

ASSAB Pacific Pte Ltd
电话: +65 6534 5600
传真: +65 6534 0655
info@assab.com
www.assab.com

中国

北京

壹胜百模具(北京)有限公司
电话: +86 10 6786 5588
传真: +686 10 6786 2988
info.beijing@assab.com

常州*

一胜百模具技术(上海)有限公司
常州分公司
电话: +86 519 8188 0008
传真: +86 519 8510 2820
info.changzhou@assab.com

重庆

一胜百模具技术(重庆)有限公司
电话: +86 23 6745 5698
传真: +86 23 6745 5699
info.chongqing@assab.com

大连

壹胜百模具(北京)有限公司
大连分公司
电话: +86 411 8761 8080
传真: +86 411 8761 9595
info.dalian@assab.com

东莞

一胜百模具(东莞)有限公司
电话: +86 769 2289 7888
传真: +86 769 2289 9312
info.dongguan@assab.com

广州*

一胜百模具(东莞)有限公司
广州分公司
电话: +86 020 3482 8891
传真: +86 020 3482 5329
info.guangzhou@assab.com

中国香港特别行政区*

一胜百钢材有限公司
电话: +852 2487 1991
传真: +852 2489 0938
info.hongkong@assab.com

长沙*

一胜百模具(东莞)有限公司
湖南省分公司
电话: +86 731 8425 3986
传真: +86 731 8425 3986
info.changsha@assab.com

南昌*

一胜百模具(东莞)有限公司
江西省分公司
电话: +86 769 2289 7888
传真: +86 769 2289 9312
info.nanchang@assab.com

宁波

一胜百模具技术(宁波)有限公司
电话: +86 574 8680 7188
传真: +86 574 8680 7166
info.ningbo@assab.com

青岛

壹胜百模具(青岛)有限公司
电话: +86 532 8752 9999
传真: +86 532 8752 9588
info.qingdao@assab.com

上海

一胜百模具技术上海有限公司
电话: +86 21 2416 9688
传真: +86 21 5442 4244
info.shanghai@assab.com

苏州*

一胜百模具技术(上海)有限公司
苏州分公司
电话: +86 512 6900 0161
传真: +86 512 6252 9227
info.suzhou@assab.com

天津*

壹胜百模具(北京)有限公司
天津分公司
电话: +86 22 2370 7808
传真: +86 22 2370 7806
info.tianjin@assab.com

武汉

一胜百模具技术(上海)有限公司
武汉分公司
电话: +86 27 6930 0156
传真: +86 27 6934 6326
info.wuhan@assab.com

厦门

厦门壹胜百模具有限公司
电话: +86 592 562 4678
传真: +86 592 568 3703
info.xiamen@assab.com

烟台*

壹胜百模具(青岛)有限公司
烟台办事处
电话: +86 535 693 4100
传真: +86 535 693 4200

印度尼西亚

雅加达 - 总公司
PT. ASSAB Steels Indonesia
电话: +62 21 461 1314
+62 81 1188 4008
传真: +62 21 461 1306/
+62 21 461 1309
info.indonesia@assab.com

西卡郎*

PT. ASSAB Steels Indonesia
电话: +62 21 461 1314
传真: +62 21 461 1306/
+62 21 461 1309
info.indonesia@assab.com

棉兰*

PT. ASSAB Steels Indonesia
电话: +62 61 8477 935
传真: +62 21 8477 936
info.indonesia@assab.com

泗水

PT. ASSAB Steels Indonesia
电话: +62 31 849 9606
+62 81 1189 8974
传真: +62 31 843 2040
info.indonesia@assab.com

日本

东京 - 总公司*

Bohler-Uddeholm KK
电话: +81 3 5226 3771
传真: +81 3 5226 6110
info@bohler-uddeholm.jp

袋井市

Bohler-Uddeholm KK
电话: +81 538 43 9240
传真: +81 538 43 9244
info@bohler-uddeholm.jp

名古屋*

Bohler-Uddeholm KK
电话: +81 52 979 5081
传真: +81 52 933 6461
info@bohler-uddeholm.jp

大阪*

Bohler-Uddeholm KK
电话: +81 6 6307 7621
传真: +81 6 6307 7627
info@bohler-uddeholm.jp

韩国

仁川 - 总公司

ASSAB Steels (Korea) Co., Ltd.
电话: +82 32 821 4300
传真: +82 32 821 3311
info.korea@assab.com

釜山*

ASSAB Steels (Korea) Co., Ltd.
电话: +82 51 831 3315
传真: +82 51 831 3319
info.korea@assab.com

大邱

ASSAB Steels (Korea) Co., Ltd.
电话: +82 53 384 3315
传真: +82 53 384 3317
info.korea@assab.com

光州*

ASSAB Steels (Korea) Co., Ltd.
电话: +82 53 384 3315
传真: +82 53 384 3319
info.korea@assab.com

马来西亚

吉隆坡 - 总公司

ASSAB Steels (Malaysia) Sdn. Bhd. (79223-X)
电话: +60 3 6189 0022
传真: +60 3 6189 0044/55
info.kualalumpur@assab.com

檳城

ASSAB Steels (Malaysia) Sdn. Bhd. (79223-X)
电话: +60 4 507 2020
传真: +60 4 507 6323
info.penang@assab.com

柔佛

ASSAB Steels (Malaysia) Sdn. Bhd. (79223-X)
电话: +60 7 598 0011
传真: +60 7 599 4890
info.johor@assab.com

菲律宾

马尼拉

ASSAB Pacific Pte Ltd -
Philippine Branch
电话: +63 49 539 0441 to 0442
传真: +63 49 539 1075
info.philippines@assab.com

宿务

ASSAB Pacific Pte Ltd -
Philippine Branch
电话: +63 32 236 0706
传真: +63 32 236 0338
info.philippines@assab.com

新加坡

ASSAB Steels Singapore (Pte) Ltd
电话: +65 6862 2200
传真: +65 6862 0162
info.singapore@assab.com

台湾

台北 - 总公司

ASSAB Steels Taiwan Co., Ltd.
电话: +886 2 2299 2849
传真: +886 2 2299 0147
info.taipei@assab.com

高雄

ASSAB Steels Taiwan Co., Ltd.
电话: +886 7 624 6600
传真: +886 7 624 0012
info.kaohsiung@assab.com

南投

ASSAB Steels Taiwan Co., Ltd.
电话: +886 49 225 1702
传真: +886 49 225 3173
info.nantou@assab.com

泰国

ASSAB Steels (Thailand) Ltd.
电话: +66 2 757 5017
传真: +66 2 385 5943
info.thailand@assab.com

越南

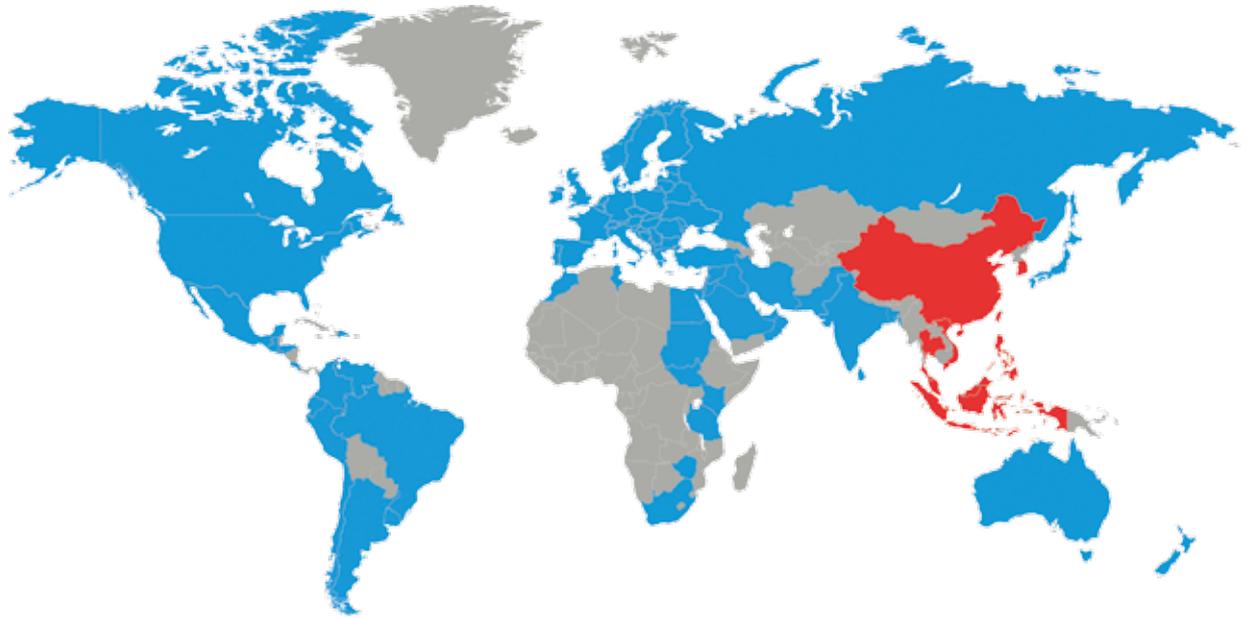
胡志明市 - 总公司

ASSAB Steels (Vietnam) Co. Ltd.
电话: +84 61 8899 099
传真: +84 61 8899 191
info.vietnam@assab.com

河内

ASSAB Steels (Vietnam) Co. Ltd.
电话: +84 241 3734 458
传真: +84 241 3734 462
info.vietnam@assab.com

* 销售办事处



正确选择钢材至关重要。一胜百工程师和冶金学家可以随时辅助您,针对不同应用选择最合适的模具钢种,以及最佳的处理方式。一胜百不仅提供卓越品质的模具钢材,还提供世界上最先进的机加工,热处理和表面处理服务,增强模具钢性能,满足最短交货期的需求。一胜百不只是一个模具钢的供应商,而且是提供一站式整体化解决方案的可靠的合作伙伴。

一胜百和Uddeholm遍布全球,不论您身处何地,确保您可以获得高品质的模具钢和当地支持。同时,我们继续确保作为模具钢的世界领导地位。

如需要更多信息,请浏览 www.assab.com