

# 一胜百 PVD 涂层

两全其美的解决方案





提升工模具业至新层次

# 两全其美 的解决方案

涂层的主要目的是提高工模具的耐磨性,减少粘附风险,并降低工模具与零件之间的粘着性。这往往能达到提升生产效率和改善被加工产品质量的双重效果。

表面涂层在工模具钢上应用相当普遍,其中物理气相沉积(PVD)是最常用的技术。PVD工艺制备的薄陶瓷涂层( $<4\mu\text{m}$ )具备超高硬度和较低的摩擦系数。

PVD涂层工模具的效果很大程度上取决于钢材的物理和机械性能。要避免“雪花玻璃”效应(即软基材表面涂脆性涂层易破裂),高硬度和高的抗压强度必不可少。建议采用较高的回火温度,确保涂层处理后的尺寸稳定性。结合PVD与等离子体氮化处理(Duplex)可增强涂层的负荷能力。

涂层也应确保无缺陷且表面光滑,以有效降低粘附风险,减小摩擦力。纯净度与抛光性更高的工模具材料可确保涂层的均匀性,零件表面更光洁。

在工模具行业不存在万能的解决方案。因此,选择材料与涂层的合理搭配至关重要。



## 一胜百优质冷作钢

# 发挥涂层的最佳效能

一胜百优质冷作钢被公认特别适用于PVD涂层。钢材微观结构均匀，纯净度高，有助于提高涂层的粘结力，减少淬火引起的尺寸变化。此外，材料的高强度也有助于涂层发挥其最佳效能。



## 选择正确的组合

选择冷加工应用的工模具钢和PVD涂层组合时，需考虑四大关键因素：

1. **失效类型** 确认主要的磨损机理
2. **工模具质量** 工作面和其他高负荷部位的表面光洁度
3. **工模具钢与涂层的选择** 针对主要磨损机理，选择适合的工模具钢和/或涂层
4. **热处理** 确保热处理和涂层工艺的完美匹配

## 1. 失效类型

	基材解决方案	涂层解决方案	
选择抗崩裂性强的钢材	 崩裂性	 磨粒磨损	选择硬度和耐磨性高的涂层
选择抗压强度(硬度)高的钢材	 塑性变形	 粘着磨损/拉毛	选择表面光洁和低摩擦系数的涂层

## 2. 工模具质量

在工模具涂层之前, 必须根据应用需求, 调整表面质量, 尤其是工作面。

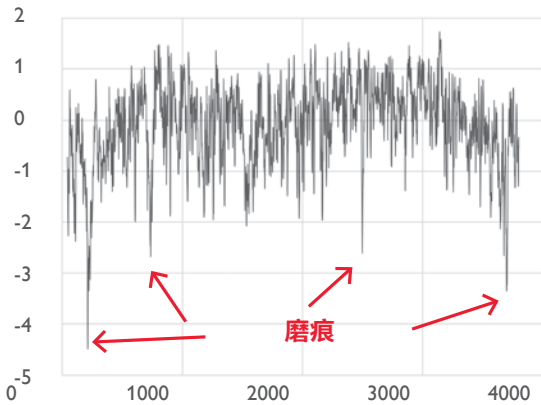


要发挥最佳性能, 工模具的工作面应确保光滑, 无腐蚀和白层。磨削后一般可达到 $Ra \sim 0.5 \mu m$ 的表面光洁度, 但这对于冷加工应用的高性能工模具仍然不足。粗糙的表面(例如打磨留下的痕迹)可能会导致PVD涂层不均匀, 甚至破裂。因此, 建议在PVD涂层之前, 将工作面抛光至 $Rz < 1 \mu m$ 。对于一

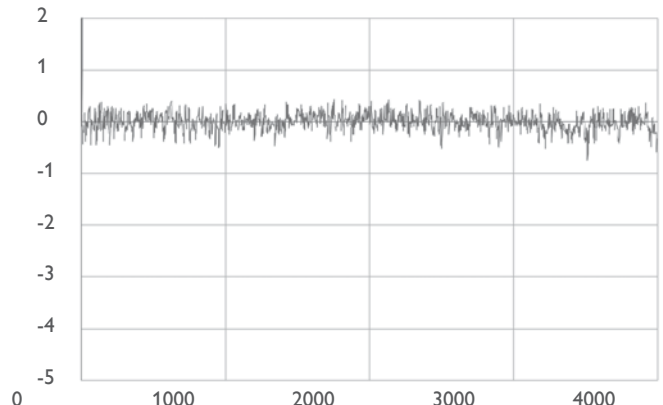
些特殊应用, 涂层前对关键工作表面光洁度的要求更严苛。

此外, 在一些应用中, 涂层后的模具还要进行一定的表面处理。根据应用情形, 建议与一胜百专家进一步探讨涂层后的工模具的处理要求及方案。

### 表面

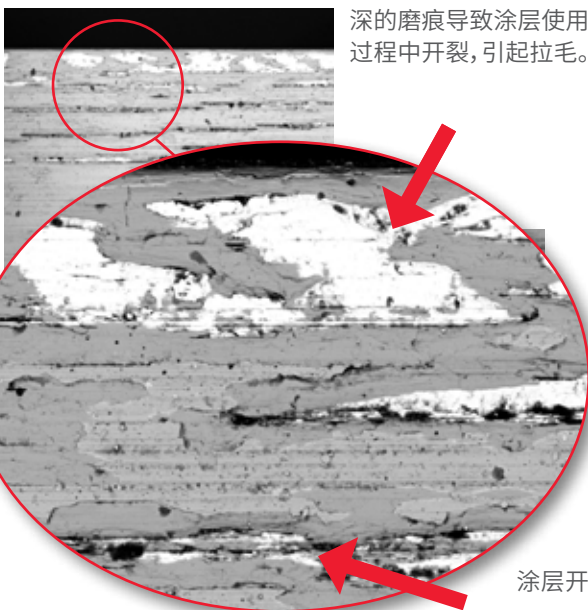


磨痕较深的表面轮廓,  $Ra = 0.5 \mu m$ ,  $Rz = 4.0 \mu m$



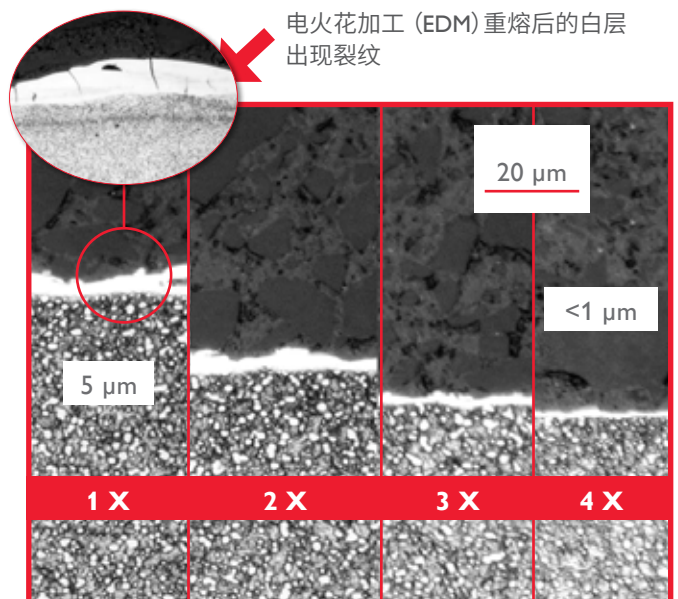
#600 粒度抛光后的同一表面轮廓,  $Ra = 0.1 \mu m$ ,  $Rz = 1.0 \mu m$

### 开裂



深的磨痕导致涂层使用过程中开裂, 引起拉毛。

涂层开裂



电火花加工 (EDM) 重熔后的白层出现裂纹

需去除电火花线切割加工(WEDM)的热影响, 一般建议进行至少3~4道线切割, 以减少存在微裂纹和高应力的热影响区。

### 3. 工模具钢与涂层的选择

适用PVD涂层的冷作模具钢示例

#### PVD 涂层工模具钢

一胜百钢种	耐崩裂性	抗压强度	典型硬度范围
对比钢种AISI D2 / W.-Nr. 1.2379	■	■	58–61 HRC
Caldie	■■■■■	■■	58–61 HRC
ASSAB 88	■■■	■■■	60–64 HRC
Vanadis 4 Extra SuperClean	■■■■■	■■■	60–64 HRC
Vanadis 8 SuperClean <sup>1)</sup>	■■■■■	■■■	60–64 HRC
Vancron SuperClean <sup>2)</sup>	■■■■■	■■■	60–64 HRC
ASSAB PM 30 SuperClean	■■■	■■■■■	65–67 HRC
ASSAB PM 60 SuperClean	■■	■■■■■	67–69 HRC

对比钢种 ■ 不错 ■■ 好 ■■■ 更好 ■■■■ 最好 ■■■■■

<sup>1)</sup> 如钢材的抗磨粒磨损较重要, 则首选

<sup>2)</sup> 如钢材的抗粘着磨损较重要, 则首选

#### 适合的PVD涂层示例

涂层	颜色	应用
Duplex-VARIANTIC-700	老紫玫瑰	< 700 N/mm <sup>2</sup> 的无涂层高强度板材的成型与修整
Duplex-VARIANTIC-1000	玫瑰金	< 1000 N/mm <sup>2</sup> 的无涂层高强度板的成型
Duplex-VARIANTIC-1400	金色	< 1400 N/mm <sup>2</sup> 的无涂层高强度板材的成型与修整
Duplex-TIGRAL	深灰	< 1200 N/mm <sup>2</sup> 的电镀锌高强度板的成型
DUMATIC	灰红	用于不锈钢成型
CARBON-X	黑色	铝材冲压成形
CROSAL-plus	瓦灰	精冲

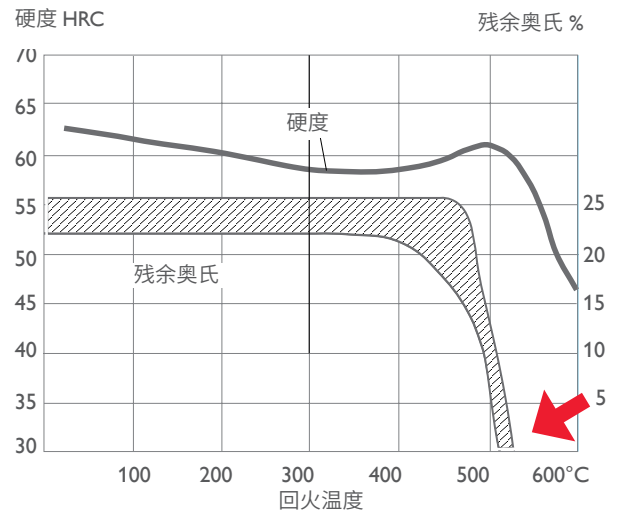
#### 4. 热处理

热处理中最重要的环节是要采用比涂层温度(通常为450°C)和消除残余奥氏体(见右图)温度更高的回火温度进行回火处理。

由于只能使用低的回火温度(~500-510°C)来保持较高的硬度, AISI D2 / W.-Nr.1.2379工模具钢常常遇到尺寸膨胀的问题。微观结构中的残余奥氏体在涂层或使用过程中会时转变为马氏体,从而导致工模具体积膨胀,几何公差超标。

由于AISI D2 / W.-Nr. 1.2379钢相对宽的化学成分标准,对避免残留奥氏体的最低回火温度很难明确界定。因此,需留有一定的安全限度。

更多内容,请参见钢种技术产品手册。



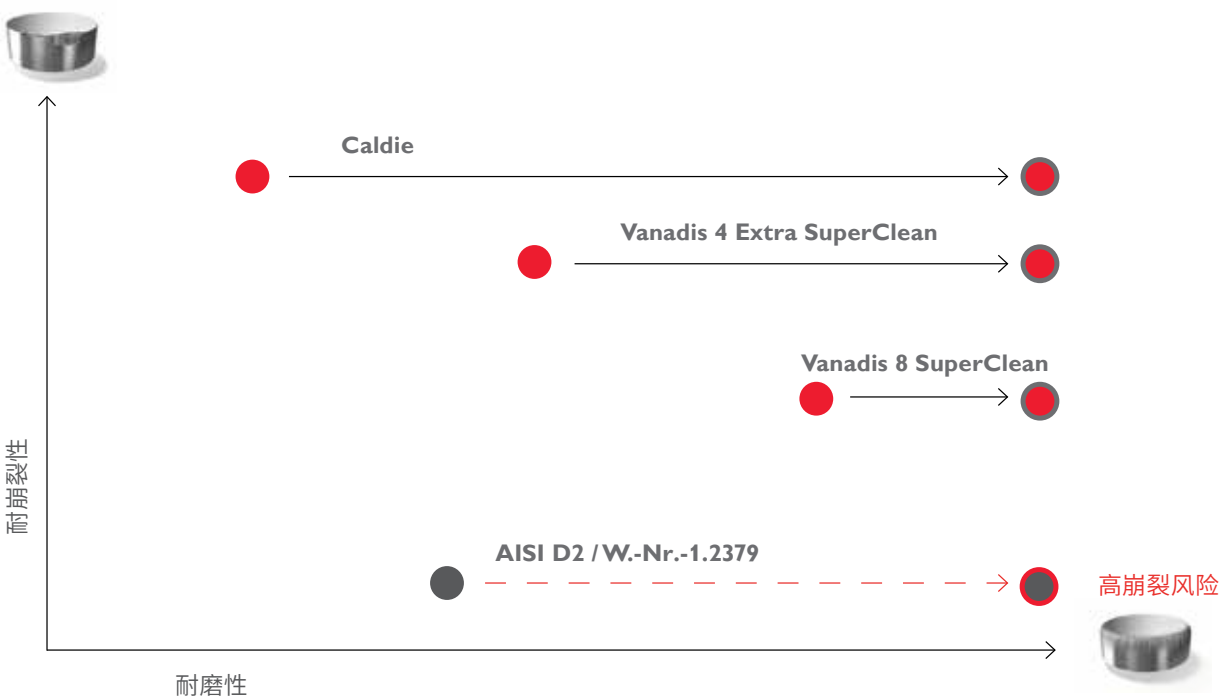
箭头显示了避免AISI D2 / W.-Nr. 1.2379钢中存在残余奥氏体的最低回火温度。

#### 先进高强度钢(AHSS)的冲压与修边应用示例

AHSS (先进高强度钢)在白车身(BIW)结构件中的应用日益增多。因此,从工模具的角度来看,对更优质工模具钢的需求也在迅速增长。

大多数传统工模具钢和高速钢也许可满足某项单一性能需求,如高耐磨性但低抗崩裂性。加工高

强度钢模具需承受高强度的反复负荷,开裂风险大增。性能特征的多样化有助于确保生产效率,工模具寿命稳定持久,避免意外停机。对AHSS的加工应用而言,高性能工模具钢与PVD涂层的合理搭配是更理想的解决方案。



### 更好的抗崩裂性能和耐磨性

Caldie通常与PVD涂层结合使用,适用于高要求的AHSS板材冲压与修边。右图是完成10万个CR1000Y1370T-CH (t = 1.5毫米) 零件修边后,传统工模具与Duplex PVD涂层的Caldie 刃口形貌的对比。

如果需要高的抗压强度或更好的耐磨性能同时又不过多影响抗崩裂性的工模具钢, Vanadis 4 Extra SuperClean和Vanadis 8 SuperClean是不错的选择。



AISI D2 / W.-Nr.-1.2379, 无涂层



Caldie + Duplex-VARIANTIC 1000

以下是冲压1400个B柱后不同方案的对比,被加工材料为CR850Y1180T-D。



无涂层AISI D2 W.-Nr. 1.2379有明显磨损。



Caldie + Duplex-VARIANTIC 1000 无明显磨损。<sup>1)</sup>



1) 板材由奥钢联钢铁分公司提供。工模具制造与成型由奥钢联金属成型部负责。





# 发挥涂层的最佳效能

因为塑料成型是要求严苛的加工工艺，所以选择适用成型的钢种尤为重要。

## 一胜百可提供不同类型的塑胶工模具钢

- 预硬化工模具钢和模架钢。
- 整体淬火模具钢
- 耐腐蚀模具钢

对塑胶模具进行PVD涂层有助于延长模具使用寿命，通常适用于注塑、挤出、真空成型和吹塑模具。要实现PVD涂层的应用，钢材必须具备足够的硬度、均匀的微观结构和良好的纯净度。一胜百塑胶模具钢能满足这些要求，因此成为PVD涂层的绝佳选择。

## 钢材可以解决的失效问题

- 因较高静态或动态载荷引起裂纹和/或开裂，其解决方案是选用韧性更高的钢种。
- 因载荷超出材料的屈服强度而导致塑性变形，其解决方案是选用硬度更高的钢种。

## PVD涂层可以解决的失效问题

- 因塑料树脂(如玻璃纤维)硬颗粒引起的磨粒磨损。
- 因塑料粘着引起的脱模问题。
- 滑动部件之间产生的拉毛与粘着磨损。
- 狄塞尔效应，因塑料材料(例如PVC)、卤化或无卤阻燃剂产生的腐蚀气体。
- 阻燃剂等添加剂导致模腔表面黏着沉积物的清洁问题。



### 适用PVD涂层的塑胶模具钢示例

一胜百钢种	耐腐蚀性	韧性	抗压强度	典型硬度范围
Nimax	■■	■■■■■	■■	*360-400 HBW
Mirrax 40	■■■	■■■	■■	*360-400 HBW
Stavax ESR	■■■■	■■	■■■	**50-52 HRC
Mirrax ESR	■■■■■	■■■	■■■	**48-50 HRC
Tyrax ESR	■■■■	■■■	■■■■■	**54-58 HRC
Unimax	■■	■■■	■■■■■	**54-58 HRC

\* 以预硬化状态交货, 无需进一步热处理。

\*\* 以软化退火状态交货, 需在模具加工后进行热处理, 以达到硬度要求。

### 适用于塑料成型的PVD涂层示例

涂层	耐磨损性	抗粘着性	颜色	应用实例的典型特征	典型的热塑性塑料
CrN	■■■■	■■■■	银灰	<ul style="list-style-type: none"> <li>极好的耐化学性</li> <li>耐高温空气(温度可高达600°C)</li> <li>改善脱模问题</li> <li>可实现更厚的涂层</li> </ul>	PA, PC, PBT, PET, PEEK, PPS, PSU, PES, PPE, PPO, TPU
TiN	■■■■■	■■■	金色	<ul style="list-style-type: none"> <li>高硬度</li> <li>良好的耐化学性</li> <li>耐高温空气(温度可高达500°C)</li> <li>耐磨粒磨损性, 如, 矿物填充的有机材料</li> </ul>	PS, SB, SAN, ABS, ASA, PA, PC, PBT, PET, PMMA, CA, CP, CAP
<b>CARBON-X</b> (DLC) * 需要溅射技术和设备来制备这种涂层	■■■	■■■■■	深灰	<ul style="list-style-type: none"> <li>良好的耐化学性</li> <li>光滑的表面</li> <li>低温涂层工艺(~200°C)</li> <li>极低的摩擦系数</li> <li>适用于滑动元件</li> </ul>	PE, PP, PA

不错 ■■ 好 ■■■ 更好 ■■■■ 最好 ■■■■■



# 发挥涂层的最佳效能

选择热作应用工模具钢时，钢材的性能至关重要。热作有多种应用，如HPDC（高压压铸）、锻造、挤压和热成形，对工模具钢的要求各异。因此，必须选择最合适的工模具钢来解决不同的问题。

## 热作应用所需的理想性能

- 良好的延展性
- 高温强度
- 回火稳定性
- 高温硬度

## 解决失效问题的钢材方案

- 大裂纹，热裂与压坑都可通过改变钢种或硬度来避免或改善。

## 解决失效问题的PVD涂层方案

- 芯体、顶杆与模腔（简单的几何形状）的冲蚀、腐蚀或粘模问题。
- 热成形过程产生的磨粒磨损（可适度改善）。



## 热作钢涂层实例

涂层	涂层类型	颜色	关键特性	热极限
Duplex-TIGRAL	AlCrTiN	银灰	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 优异的抗氧化性</li> <li>● 高热硬度</li> <li>● 杰出的抗粘模性能</li> <li>● 高耐冲蚀性</li> </ul>	900°C
Duplex-CROSAL-plus	AlCrN	瓦灰	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 优异的热硬度</li> <li>● 高抗氧化性</li> <li>● 出色的抗冲蚀能力</li> <li>● 高的抗粘模性能</li> </ul>	1100°C

由于热作模具要求各异,因此并非所有应用都适合涂层。但是,有针对性地使用涂覆工艺有助于延长模具寿命。如HPDC水缸套模具镶件和芯棒就是一个例子。

选择涂层或表面处理时,硬度应大于48 HRC,以实现最佳的表面光洁度。



失效案例	工模具零件	工模具钢实例	典型硬度范围	涂层实例
HPDC的粘模问题	芯销	QRO 90 Supreme	44 - 50 HRC	Duplex-TIGRAL
HPDC的冲蚀问题	浇口镶块	Unimax	50 - 54 HRC	Duplex-CROSAL-plus

## 一胜百工模具钢零件

# 发挥涂层的最佳效能

选用优质的一胜百工模具钢制备非模应用零件, 有助于提高生产率, 延长机器的维护间隔。结合适当的PVD涂层, 可进一步延长零件的使用寿命。

一胜百钢种	耐崩裂性	抗压强度	典型硬度范围	涂层	颜色
Vanadis 4 Extra SuperClean	■■■■■	■■■■■	60-64 HRC	VARIANTIC	老玫瑰
Caldie	■■■■■	■■■■■	58-61 HRC	VARIANTIC	老玫瑰
Unimax	■■■■■	■■■	54-57 HRC	TiN	金色

好 ■■■■ 更好 ■■■■■ 最好 ■■■■■■

### 肉类加工

Vanadis 4 Extra SuperClean + VARIANTIC 涂层是碎肉机孔板的首选案。

- 高硬度和低摩擦相结合, 孔板使用寿命长
- 更少的维护和更高的生产效率



## 硬金属和硬钢的加工

高温、严苛的加工参数和极硬的工件材料——对硬质材料的加工要求不断增长，带来的挑战与机遇并存。

### 挑战性

加工淬硬钢(硬度高达 HRC 66)制成的工件时,刀具很容易达到极限。这些极端条件在当今的航空航天工业、塑料模具制造和设备工程中司空见惯。结果是,切削工模具需承受极端温度和机械载荷,尤其是干切削应用中,特别易于过早磨损。面对这些日益苛刻的要求,当前市场上的PVD涂层几乎很少带来改善。这一挑战也带来新的机遇,我们通过优化涂层,推出 **SISTRAL-plus**,可满足非常坚硬的金属基材机加工的特定要求。

### 解决方案

为寻求解决方案,我们团队成功推出了**SISTRAL**涂层的改良版。

新型 **SISTRAL-plus** 采用了与之前产品非常相似的纳米结构。新型 **SISTRAL-plus** 拥有独特的结构,和碳化钨基体具有出色的附着力,并采用低摩擦系数的表面层。这种纳米结构涂层具备卓越的高温耐磨性与抗高压载荷能力。蓝绿色的表层可减少摩擦,并有助于排屑。**SISTRAL-plus**涂层拥有持久稳定的使用寿命,比平均寿命延长了约30%。



260 m

SISTRAL-plus

208 m

SISTRAL

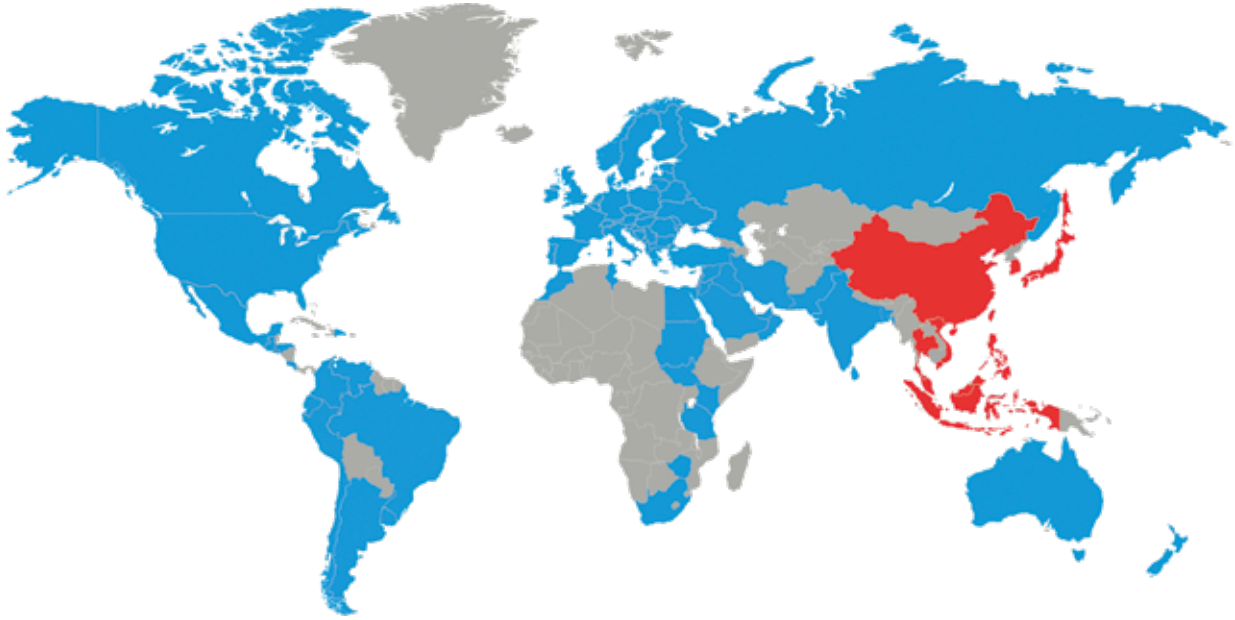
206 m

涂层对比 1

120 m

涂层对比 2

涂层	颜色	涂层厚度
SISTRAL-plus	蓝绿色	2 - 4 $\mu\text{m}$
SISTRAL	烟煤色	2 - 4 $\mu\text{m}$



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](http://www.assab.com)



一胜百  
微信账户二维码