

一胜百 模具钢抛光



为什么要获得高的表面质量？

塑料和金属零件呈现不同的表面外观。既有高光镜面、光滑表面、还有功能性表面。在这本手册中，我们将对影响工模具钢抛光性能最大的因素进行介绍，并对如何在塑胶模具、一般模具、冲头和金属零部件上获得所需表面给出了建议。

根据应用和要求的不同，我们可以划分为两种不同的表面抛光工艺：高光抛光和功能性抛光。

高光抛光

用于注塑成型的工模具钢需要高质量的表面处理，特别是产品要求高透光度和高光泽度时。在这种情况下，最重要的是要选择合适的模具材料，并制定合适的表面制备工艺。为了获得镜面的抛光效果，处理过程必然包括多个打磨和金刚石抛光步骤，而且必须在洁净的车间实施

这些操作。使用恰当的加工工具会让整个过程容易许多。

高质量表面处理减少了局部腐蚀风险，降低了因瞬时过载或单纯的疲劳而造成的断裂及开裂。

像注塑成型这种情况，模具的表面处理会影响生产率。将塑料零件从工模具钢表面分离的脱模力取决于模具表面聚合物的附着特性。模具表面光滑度增加，可能导致脱模力增加，而最终出现粘连现象，通过选择最佳的工模具钢以及表面处理策略，可以在一定程度上克服这个问题。

功能性抛光

大多数冷作应用工具表面不需要高光抛光，但为了延长模具寿命而创造功能性的表面始终有益无害。在使用润滑剂的成形加工中，表面处理的策略就可能包括：在表面削峰并保留一定谷深用于储存润滑油，这样将起到在成形加工时帮助减少

摩擦的作用。不管怎样，根据模具具体应用来选择合适的模具表面状态是非常重要的。如果要涂覆高质量的表面涂层，始终建议在涂层之前，先进行高光抛光。

抛光工人极为重要

在制作这本手册时进行过一些测试，结果显示抛光工人的技能、经验和技巧，对获得理想的表面起着极其重要的作用。

影响表面光洁度的因素

工模具钢在注塑成型、冷作和热作加工应用领域中被广泛使用，它们还被用作机零部件。为了实现正常的功能，也为了尽可能降低工具或零部件的制造成本，在图纸上注明要求的表面光洁度至关重要。特别是对于注塑成型的应用，获与表面处理能力相关的模具材料数据非常重要。

内容

为什么要获得高的表面质量	2
影响表面质量的因素	2
工模具钢的表面加工处理指南	4
抛光问题可以解决	5
测量表面粗糙度和质量	8
	9

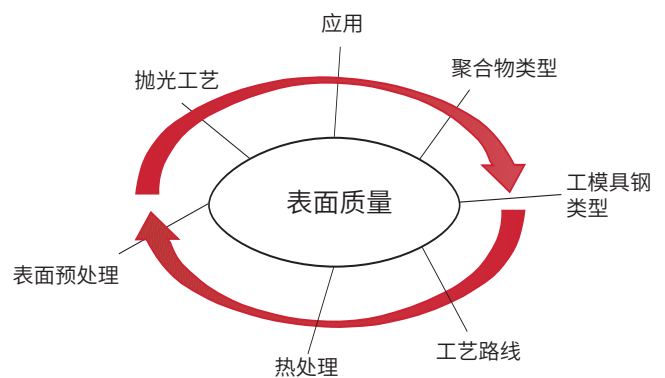
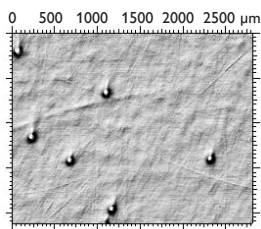


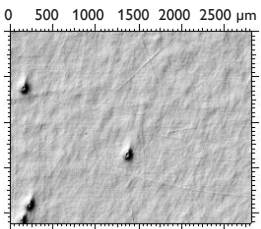
图 1许多因素对最终产品的表面有影响。

“一胜百” (ASSAB)和徽标是注册商标。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，因此不应该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。每个一胜百的用户应当自己判断选择一胜百产品和服务的适用性。

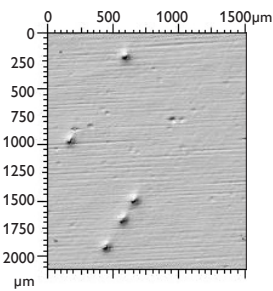
然而值得注意的是，最终产品的表面光洁度，不仅取决于工模具钢和表面抛光工艺，生产过程本身对结果也会产生很大的影响。聚合物在注塑加工中有不同的材料特性，这一定会影响最终产品的表面质量，如图 1 和图 2 中所示。



工具表面，反的



Makrolon AL2647
(中等黏度)



Bayblend T45
(低黏度)

图 2 照片显示了不同特性的聚合物造成塑胶板上对模具表面麻点/坑洞的复制不同上。在 Makrolon 板上没有检测到什么峰形成物，而 Bayblend 板整个表面形成明显的峰。

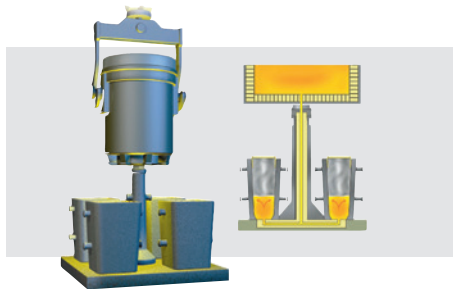
工模具钢的质量

工模具钢的工艺路线

工模具钢有各种合金组合，以满足不同领域的用途。常见的制造工艺路线是：传统铸锭工艺 (IC)、连续铸造 (CC) 工艺、电渣重熔 (ESR) 工艺、真空电弧重熔 (VAR) 工艺和粉末冶金 (PM) 工艺。重熔工艺和 PM 工艺生产的材料均匀性较好、非金属杂质含量低，而铸锭材料一般偏析严重，而且含有更多非金属杂质。

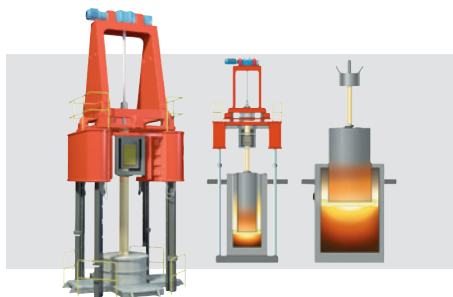
推荐

为了得到镜面高光的表面，就要使用 ESR-重熔或 PM 类型的钢。但是，如果采用好的钢材生产工艺和正确的抛光工艺，即使传统的铸锭钢也能获得非常好的表面光洁度。



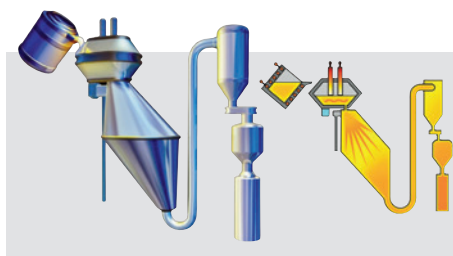
传统工艺

一胜百钢种牌号
CALMAX
ASSAB XW-10
ASSAB 718 SUPREME
NIMAX
RAMAX HH
ASSAB 8407 2M
CORRAX



电渣重熔工艺

一胜百钢种牌号
STAVAX ESR
MIRRAX ESR
MIRRAX 40
ASSAB 8407 SUPREME
VIDAR 1 ESR
UNIMAX
DIEVAR



粉末冶金工艺

一胜百钢种牌号
VANADIS 4 EXTRA SUPERCLEAN
VANADIS 10 SUPERCLEAN
ELMAX SUPERCLEAN

图 3 工模具钢的工艺路线以及不同路线生产的钢牌号实例

重熔工艺产生的铸造组织宏观偏析急剧减少,微观组织更均匀,从抛光来看这是有利的。

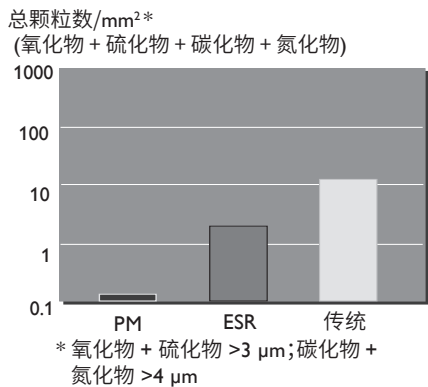
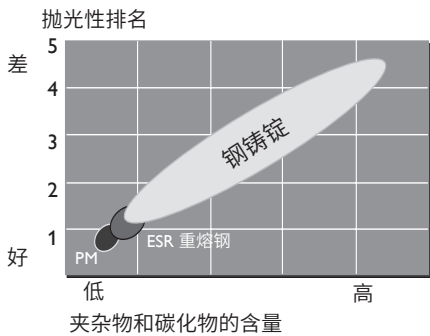


图4从抛光来看,缺陷含量低是有利的。

热处理

热处理能以许多方式影响抛光性。热处理时表面脱碳或增碳,会造成硬度变化而导致抛光困难。

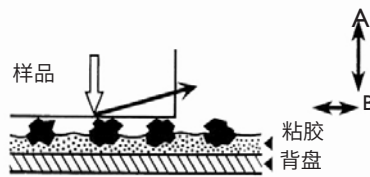
为了避免这种情况,建议在气氛控制炉或盐浴炉中进行淬火。保证奥氏体化保温时间不会太久、保证淬火速度不会太慢,从而避免晶粒长大及晶界析出也很重要。

工模具钢的表面加工处理

以下四个加工术语常被用于工模具的表面加工处理过程,这些方法的基本特性如下所述:

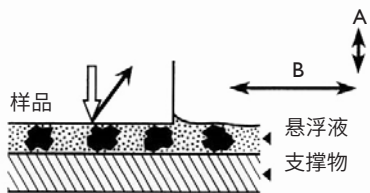
打磨

磨粒与载体比如研磨纸、研磨石和研磨片等牢固黏合。



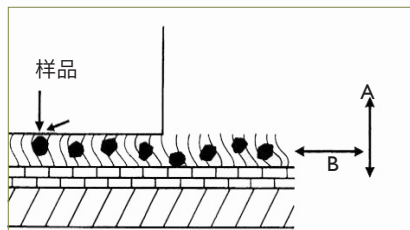
研磨

磨粒没有黏合,而是在载体和工件之间自由移动。



抛光

磨粒与载体材料结合的程度或高或低,磨粒会切割和/或刮擦表面。



精饰

磨料松散地粘附在柔性载体(布或兽皮制成的软片)上。一些抛光人员会考虑用这一步作为最后一步的抛光,目的是在表面获得镜面效果。

初始表面的加工

要强调的是,打磨操作是快速和成功完成抛光工作的基础。打磨消除了粗加工造成的纹路,并且获得了新鲜的、几何尺寸正确的表面。

这些表面处理步骤耗时长、成本高昂,但是通过对初始表面的正确加工,可以把时间和成本控制在一定程度。一般初始表面是用磨、铣或电火花加工的。初始表面粗糙度的典型值Ra/Rz,对前两种加工大约为0.5/5μm;对后者EDM加工的表面大约为3/15μm。高速加工的最新发展,已经可以制造出优于Ra=0.2μm的表面光洁度,通过使用最新的EDM技术,Ra降到了0.07μm以下。在EDM加工后,一定要通过细放电和/或打磨去除热影响层。如果不这样做,在模具使用过程中可能萌生裂纹。

打磨小贴士

操作	表面光洁度	
	Ra	Rz
磨	0.5 μm	5 μm
铣	0.5 μm	5 μm
高速加工	0.2 μm	1.5 μm
电火花加工	3.0 μm	15 μm

表格1 不同加工典型的初始表面粗糙度值Ra和Rz

推荐

为了让表面制备过程更容易并降低失去模具尺寸公差的风险,初始表面加工的粗糙度值最大值应该是Ra/Rz=0.5/5μm。这样在第一步表面处理中,就不需要使用粗磨粒介质粒。

磨料的介绍

磨料符合要求非常重要,这些要求有:

- 硬度
- 锐度
- 耐热性
- 化学稳定性

目前使用的是如下五种合成磨料,或多或少符合了上面的要求。

1. 金刚石,代号SD
2. 氧化铝号A(SG)
3. 碳化硅代号C
4. 碳化硼代号B₄C
5. 立方氮化硼

根据磨料的特性不同(如表2)其应用的领域不同。

表格 2

磨料	努氏硬度	在空气中的热稳定性 °C
金刚石	7000	650
氧化铝	2100	2000
碳化硅	2500	1200
碳化硼	2900	2700
立方氮化硼	4700	1300

1. 金刚石

已知最硬的材料,具有尖锐或多角的结构。磨削材料速度快,并且能在获得最佳平面度的同时,获得优异的表面光洁度。

对单晶金刚石和多晶金刚石要加以区分。单晶晶金刚石最适用于研磨,因为它们是圆的,并且有许多刃边。天然金刚石切割性能更好,而合成金刚石更硬两者结合可使用更久。

2. 氧化铝 (Al₂O₃)

相对较硬,具有尖锐的结构。一般在抛光最后一步使用,表面处理效果优异、光泽度极高。相对来说不贵。

3. 碳化硅 (SiC)

具有针形块状的结构。用于较粗表面的处理。

4. 碳化硼 (B₄C)

坚硬,具有块状的晶体结构。磨削材料速度快,表面处理效果中等。

5. 立方氮化硼 (CBN)

基本跟合成金刚石的生产方法相同,当打磨硬的材料时使用,比如高速钢 (HSS) 和淬火的高碳化物工具钢。

推荐

使用金刚石磨料可使淬硬钢材去除的连续性和重复性更好。使用精密的手工抛光工具,并保持研磨锉刀及抛光油石等工具的直线运动,可使抛光过程更轻松。一个最佳的方法是确保每步的处理方向垂直于上一步的磨削纹,并用光学检验确认上一步的划痕是否已经完全去除。注意,为了完美的最终结果,必须将表面下冷作硬化严重的材料去除。

指南

并不存在一套适用于所有类型钢材的通用标准,但是具有根据每个模具情况、按表面轻微变化来调整抛光工艺的经验有能力对最终结果是至关重要的。如下为高光抛光操作程序的一般性指南,也就是:

- 从粗糙度Ra/Rz应为最大值 0.5/5 μm 的磨削表面开始
- 第一步用研磨石或研磨纸,逐步打磨至 1200 目
- 换成细磨前,要在粗磨上多花些时间

- 用复合金刚石抛光,粒度从15μm一直减到 1 μm,用时尽可能短。
- 当使用软性载具(毛毡、刷子、布)时始终要小心,因为有在抛光表面形成“橘皮”的风险。在 Ra/Rz 接近 0.1/1 μm 时,开始出现镜面效果,高光抛光表面最终的表面粗糙度 Ra/Rz 应该不低于 0.005/0.04 μm。

精磨

在金刚石抛光过程开始之前,应该用精磨加工出光滑的表面。精磨的工具和介质由各种磨粒制成,这些磨粒颗粒小、硬度高、边缘锋利、形状不规则。

关于打磨的实用建议

应该强调的是,打磨操作是抛光工作快速并成功完成的基础。打磨把粗加工操作留下的纹路去除,并获得清洁、几何尺寸正确的表面。下面所述的实用建议,对机械打磨和手工油石打磨都适用。

- 为了避免热量和应力进入表面,不要使用太大压力,要使用大量冷却剂。
- 对于坚硬的表面只能使用洁净易切削的软油石。
- 每次更换粒度规格时,工件和抛光工的手必须仔细清洁,这一点非常重要。这样做是为了防止粗颗粒和灰尘被带到下一步的打磨中。

- 当换成更细一级的粒度规格时，建议打磨方向要换成45°。交叉打磨非常简单，但效果极好。它增加了磨削量，使前几道次的划痕更容易发现，并且提高了尺寸精度。图 5 A-C
- 选择移动的顺序，以便让所有表面段的打磨时间一样长。用旋转打磨片存在一个风险，那就是在面边缘去除的料比在面中心去除的要少。

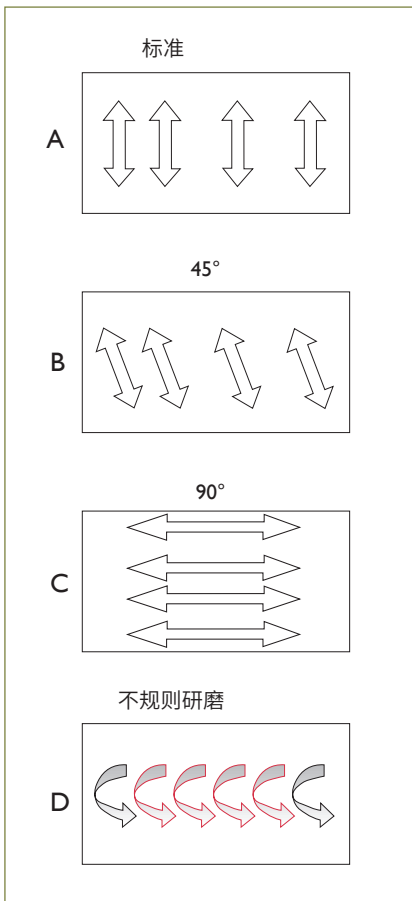


图 5. 打磨方向

关于抛光的实用建议

首先，清洁在抛光操作每一步中的重要性怎么强调都不为过。

- 每把抛光工具应只用于一种粒度的研磨膏，并保存在防尘的盒子中。
- 手工抛光要把研磨膏涂在抛光工具上，机械抛光则要把研磨膏涂在工件上。
- 抛光压力要根据抛光工具的硬度和研磨膏的粒度号进行调整。对于最细的粒度规格，这个压力应该只是抛光工具的自重。
- 用硬载具打磨步数尽可能多，用软载具打磨时间尽可能短。
- 应该先抛光拐角、边缘和倒角，但当心锐角和锐边不要被倒圆。

- 如果可能，抛光最后一步要沿产品脱模方向进行。
- 对于软性载具，磨粒能够压入其中。此时尽管磨粒尺寸相同，而抛光的表面却更细。见下图 6。

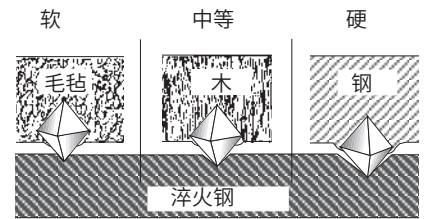


图 6. 载具硬度影响金刚石颗粒的外露和磨削量

典型的抛光顺序

打磨和抛光顺序的选择是由操作员的经验以及他/她用的设备决定的。模具钢材料的特性也会影响这个顺序。

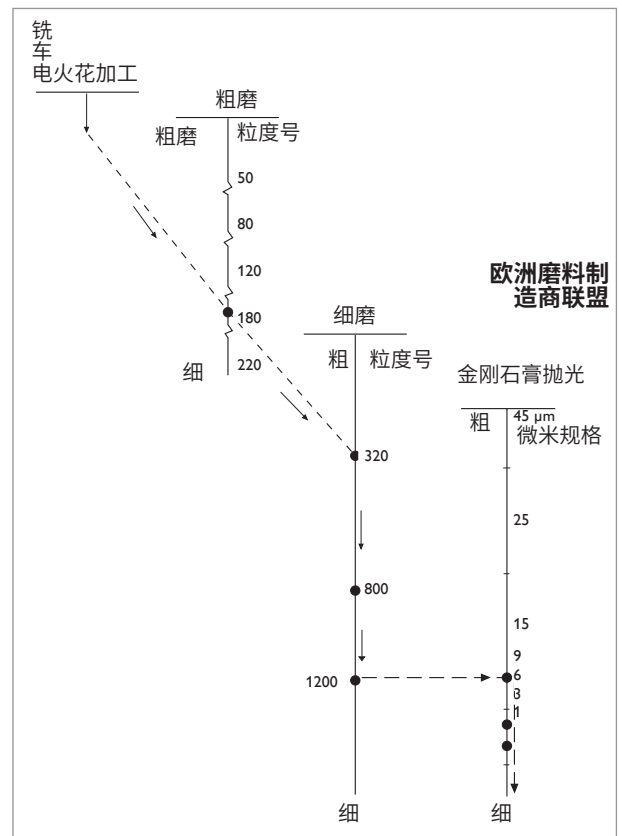


图 7. 这张图显示了一个抛光顺序选择的例子。

高光抛光不同策略实例

所有抛光工都有他们自己的高光抛光程序。表格3-5中的数据，反映了可以采用的不同手工抛光策略，通

过使用严格且成熟的工作程序，可以达到相同的最终表面处理效果。获得的表面光洁度低于Ra 0.01 μm。

步骤	工艺	工具类型		润滑
1	手持装置	研磨石	320	绝缘油
2	手持装置	研磨石	400	绝缘油
3	手持装置	研磨石	600	绝缘油
4	手持装置	砂纸	400	干
5	手持装置	砂纸	600	干
6	手持装置	砂纸	800	绝缘油
7	手持装置 (线性的)	铜 5 x 5 mm	DP 9 μm	绝缘油
8	手持装置 (线性的)	木 5 x 5 mm	DP 9 μm	绝缘油
9	手持装置 (线性的)	木 5 x 5 mm	DP 6 μm	抛光油
10	手持装置 (旋转的)	硬毛毡 10 mm	DP 3 μm	抛光油
11	手持装置	棉毛片	DP 1 μm	抛光油

表格 3.

表格 3 和表格 4 所展示的例子，对 Stavax ESR 和 Unimax 高光抛光进行了具体的说明。

步骤	工艺	工具类型		润滑
1	打磨的			
2	手持装置	碳化硅(SiC) 砂纸	K320	干
3	手持装置	碳化硅(SiC) 砂纸	K800	干
4	手持装置	碳化硅(SiC) 砂纸	K1500	干
5	手持装置	亚克力	D fluid 6 μm	抛光油
6	手持装置	亚克力	D fluid 3 μm	抛光油
7	手持装置	/棉	D fluid 3 μm	抛光油

表格 4.

步骤	工艺	工具类型		润滑
1	往复式设备, 9500 Rpm 振幅 0.2mm	铜载具 塑料载具	DP W 15 μm	抛光油
2	往复式设备, 9500 Rpm 振幅 0.2mm	铜载具 塑料载具	DP W 10 μm	抛光油
3	往复式设备, 9000 Rpm 振幅 0.2mm	铜载具 塑料载具	DP W 5 μm	抛光油
4	往复式设备, 7500 Rpm 振幅 0.2mm	铜载具 塑料载具	DP W 3 μm	抛光油
5	旋转工具	羊毛毡	DP W 1 μm	抛光油

表格 5.

在进行这些抛光步骤时，仔细观察抛光表面是否有可见的深痕。如果发生这样的问题，需要立即降低压力、涂抛光油，或看是否需要加更多金刚石膏。

抛光问题可以解决

抛光主要的问题称为“抛光过度”。该术语是指抛光时间越久抛光面质量越差。当表面抛光过度时，基本上会出现两种现象：“橘皮”和“麻点”（针孔）。这些问题通常发生在从硬工具换成软工具（毛毡/毛刷）时。

与预硬钢相比，材料硬度越高，就能承受更高的抛光压力。同样，材料硬度低就更容易“抛光过度”。

橘皮

这个粗糙、外观不规则的表面，通常被称为“橘皮”，有不同的诱因导致了它的产生。最常见的原因是，在抛光最后的步骤中，抛光压力持续时间长。跟预硬钢或软化退火材料相比，高硬度的材料对“橘皮”问题较不敏感。

- 如果抛光表面出现外观像“橘皮”的迹象，请立即停止抛光！增加抛光压力继续抛光毫无意义。这种做法只会造成一系列更糟的问题。
- 建议采取以下步骤修复这种表面。使用抛光前最后一道打磨步骤重新去除那层缺陷表面。在进行抛光步骤时，相比以前发生问题时用的压力和时间，现在用的压力要低，用的时间要短。

麻点

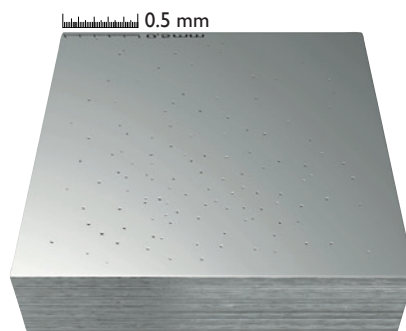
抛光表面可能出现非常小的坑（针孔），这一般是由非金属杂质或硬碳化物造成的，造成的原因是它们在抛光过程中被扯出了表面。麻点也可能由嵌入较软基质的硬颗粒造成。在抛光过程中，钢材基质去除的速度比硬颗粒更迅速。抛光将逐渐挖掘硬颗粒的根基，直到它们在后续的抛光中被拔出。当用粒度不到 $10\mu\text{m}$ 的金刚石研磨膏和软抛光工具（毛毡、毛刷）时，最常遇到这个问题。

如果发生麻点，应该采取如下措施：

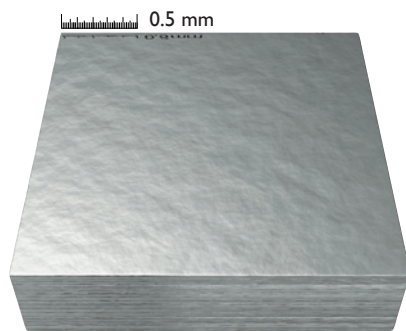
- 使用抛光前最后的打磨步骤，重新仔细打磨表面
- 使用粗硬的工具重新进行抛光

当使用的粒度为 $10\mu\text{m}$ 或更小时：

- 应该避免使用软的抛光工具
- 抛光过程时间应该尽量短，并在最低压力下抛光。



“麻点”



“橘皮”

测量表面粗糙度和质量

对于抛光的模具表面, 评估表面粗糙度传统的方法是用肉眼和/或机械式轮廓仪, 测量结果一般用 Ra、Rz 和 Rt 值表示。

然而, 相比于更先进的纳米级表面和次表面测量设备, 这些方法存在着主观性和不确定性。高分辨率 3D 仪器的使用, 将为几何尺寸复杂的模具提供更准确的表面测量, 从而意味着可以进行量化的表面质量控制。

表面粗糙度, 根据标准 DIN/ISO 1302			表面粗糙度, 根据标准 SPI	
	粗糙度 Ra, μm	粗糙度 Rmax, μm		打磨或抛光后结果, 分别用
N 1	0.025	0.1-0.3	A-1	3 μm 金刚石研磨膏
N 2	0.05	0.3-0.7	A-2	6 μm 金刚石研磨膏
N 3	0.1	0.75-1.25	A-3	15 μm 金刚石研磨膏
N 4	0.2	1.5-2.5	B-1	600 砂纸
N 5	0.4	2-6	B-2	400 砂纸
N 6	0.8	6-10	B-3	320 砂纸
N 7	1.6	10-20	C-1	600 研磨石
N 8	3.2	20-40	C-2	400 研磨石
N 9	6.3	~60	C-3	320 研磨石
N 10	12.5	~125	D-1	先用 #11 喷砂玻璃珠再用 600 研磨石
N 11	25	~250	D-2	先用 #240 氧化铝再用 400 研磨石
N 12	50	~500	D-3	先用 #240 氧化铝再用 320 研磨石

表格 6 由机械轮廓仪测得的表面粗糙度要求与国际标准间的近似比对。

用粗糙度参数评估表面

表面测量的好处在于, 既能对它们进行微米级和纳米级的研究, 又是量化评估它们的一种方法。但是, 存在着大量的 2D 和 3D 参数(分别缩写为 R 和 S 参数), 那么您知道使用哪些吗?

2D 参数通常由机械式轮廓仪获得, 它们能用来在一定程度上量化表面质量。模具实际应用中最常用的是 Ra 值, 其表示的是被测表面的平均高度。然而, 这种对模具表面的表达相当糟糕, 因为更小的缺陷和某些纹路将被平均掉和/或被漏检。请见图 8。

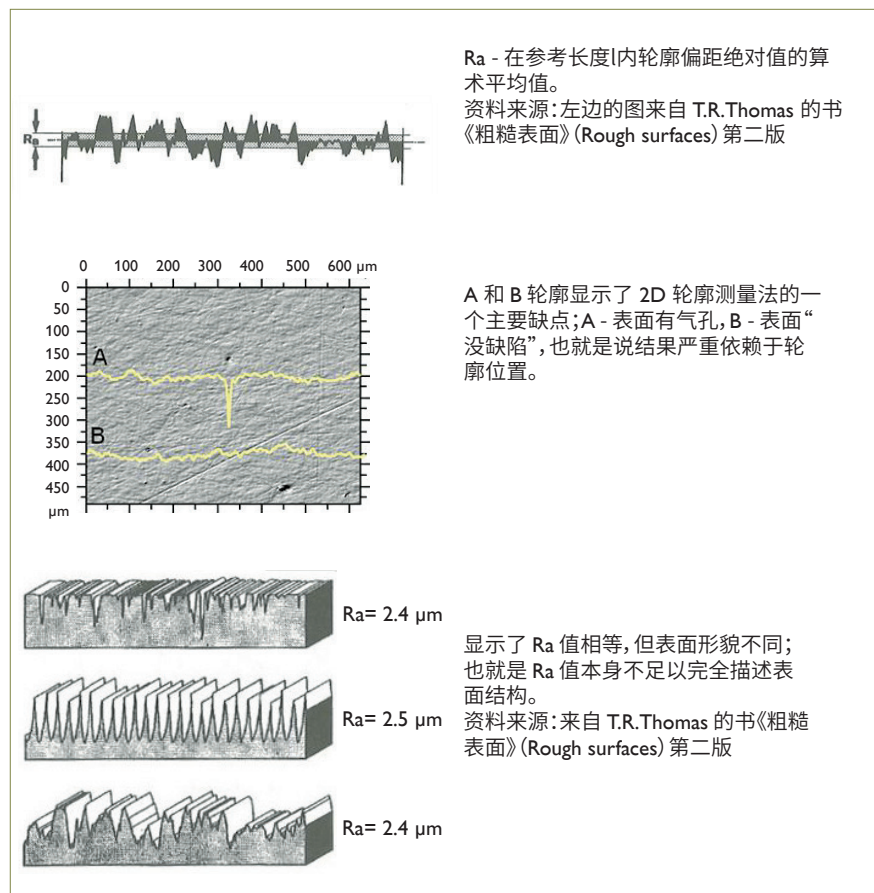


图 8.

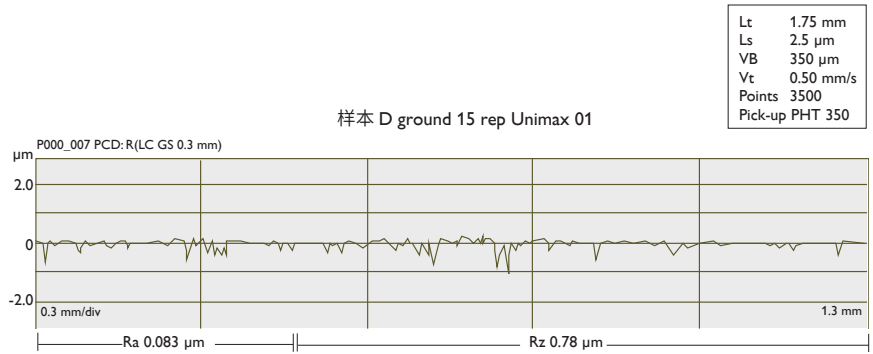
用于量化工程表面形貌的测量设备和分析技术

机械式轮廓仪(触针)



典型输出参数是 Ra (轮廓的算术平均值)、Rz (峰-谷高度差平均值) 和 Rmax (或 Rt, 最大峰-谷高度差)。

注意:通常R值是按默认筛选的(跟实际测量长度和切断有关系)。

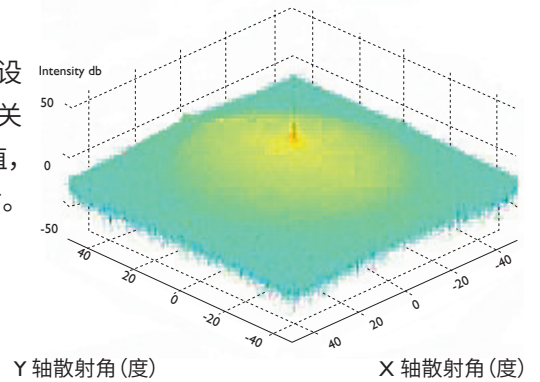


散射仪(光泽仪)

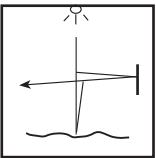


照亮表面并检测反射或散射的光。简单的光泽仪测量特定角度的反射,而散射仪测量总反射。

散射数据需要通过其他测量设备验证来与粗糙度数据形成关联。典型输出例如:rms平均值,漫反射率或特定角度的光反射。

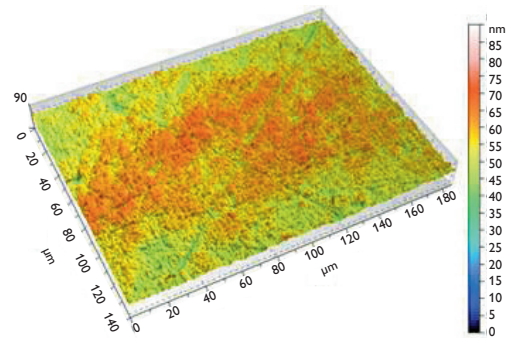


干涉仪

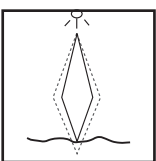


高度偏差是利用两道反射光束形成或产生的干涉图形来测量,一道光束来自样品,一道光束来自参考面,两者相互作用,形成干涉图案。空间分辨率低于 1 μm 和高度在亚纳米级的特征,这些都可以检测到。由于这项技术对振动敏感,所以目前主要应用在实验室,但是

可以用于在线测量的新仪器也快被研发生产出来了。典型输出是 3D 图和平面参数(例如 Sa 和 St,分别与 Ra 和 Rt 对应)。还提供了其他参数系,例如面积、体积和功能参数。

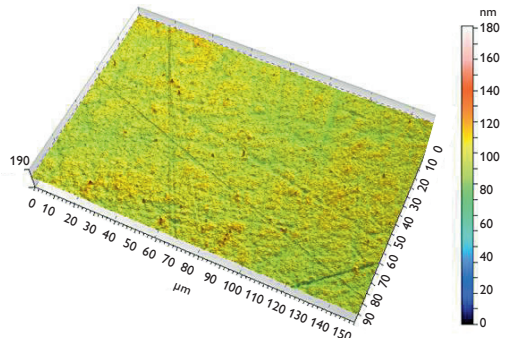


共焦显微镜



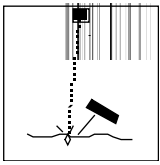
对不同高度下(不包括焦外的点)的图像进行记录和堆叠,从而建立的 3D 图。

检测性能的表面。典型输出是 3D 图和平面参数(例如 Sa 和 St,分别与 Ra 和 Rt 对应)。还提供了其他参数系,例如面积、体积和功能参数。



这项技术优先用于粗糙度超出光学

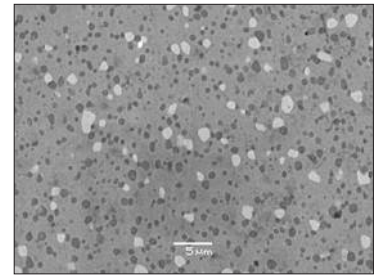
扫描电镜或能谱仪 (SEM/EDS)



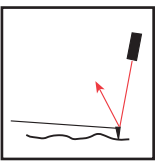
聚焦的电子束光栅对表面扫描；在几纳米到几微米的表面范围内，高能电子与样品中原子相

互作用，发生散射（原电子消耗能量和/或改变方向）。激发的电子被不同的探测器“收集”。能谱仪（EDS），一

种X射线谱仪，它用来进行元素分析。典型输出是形貌衬度（基于SE）、化学衬度（基于BSE）和相成分（基于X射线）。

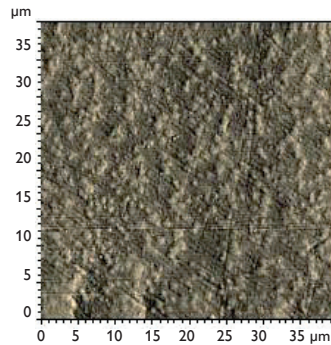


原子力显微镜



简单形容为一种微小的轮廓仪或触针，操作时以极小的探针轻微接触表面，产生近原子级

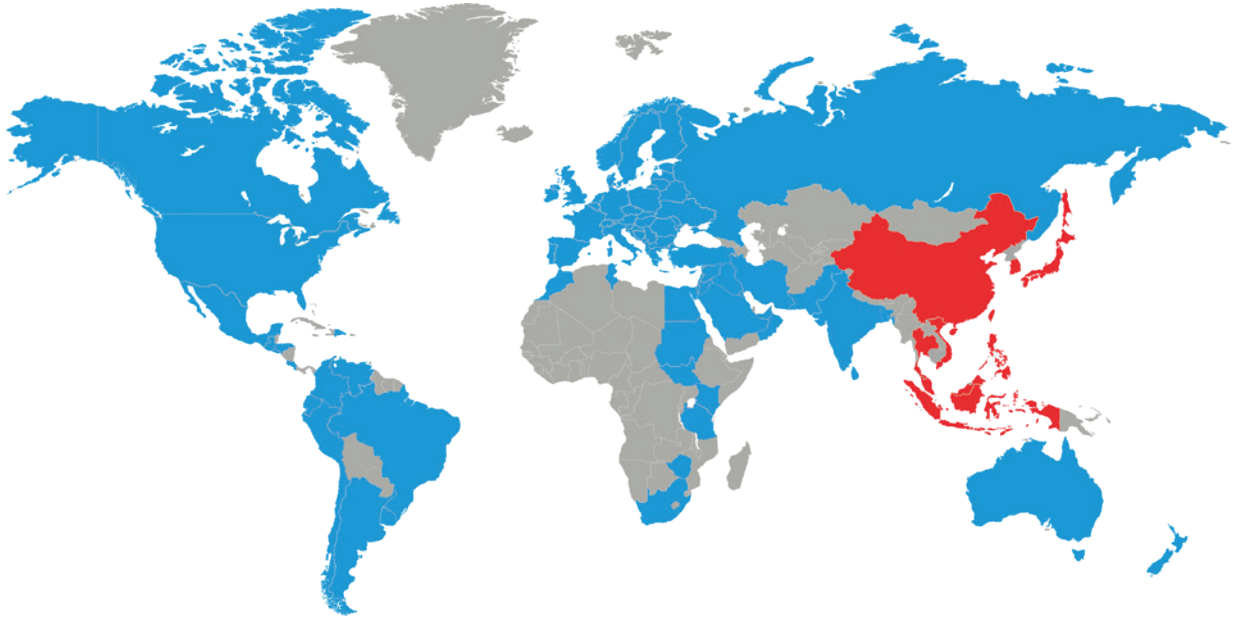
3D 高分辨率图。典型输出是 3D 图和平面参数。



测量设备的选择和一般技术参数

一般技术参数/设备	光学显微镜	触针	干涉仪	共焦	SEM/EDS	原子力显微镜	光泽仪
分辨率 (m)	xy: 10^{-7} z: 10^{-6}	xy: $10^{-6} - 10^{-4}$ z: 10^{-9}	xy: 10^{-6} z: 10^{-10}	xy: 10^{-4} z: 10^{-7}	xy: 10^{-9} z: 10^{-9}	xy: 10^{-10} z: 10^{-12}	-
测量范围	μm-mm	μm-cm	μm	μm-mm	μm-mm	μm	μm-mm
高度信息	不能	不能	能	能	不能	能	可能
2D/3D	2D	2D	3D	3D	2D/3D	3D	-
成分分析		不能	不能	不能	能	不能	不能
使用性	好	好	中等	中等	差	差	好
测量时间	-	长	短	中等	长	长	短
工件尺寸	取决于设备	没有限制	取决于设备 (一般可达 2-10 kg)	取决于设备 (一般可达 2-10 kg)	mm-cm	取决于设备	没有限制
其它	纯净度测定的标准化方法	表面损伤的风险, 触针/探头易断裂	对振动敏感	景深大, 假象问题	工作在真空中, 样品需要是实固体的、导电的, 能够对内切槽成像	对噪音敏感, 触针/探头易断裂, 粘物	只是粗糙度数据平均值

表格 7所示特性只应当作为参考。



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



一胜百
微信账户二维码