TYRAX ESR & AM TYRAX

UDDEHOLM TYRAX ESR

ASSAB
a voestalpine company

“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。

TYRAX ESR & AM TYRAX - EN20261104-5_SC20261104-8

TYRAX ESR

Tyrax ESR 是一种优质高硬度和耐腐蚀的塑胶工模具钢。它具有高的延展性/韧性，表面易于抛光至超高光洁度。该钢种适用于通常含有玻纤增强填充剂和腐蚀性添加剂（如阻燃剂）的高性能塑料成形。它也非常适用于对表面光洁度要求甚高的镜头注塑模具。

简介

Tyrax ESR 是一种优质高硬度和耐腐蚀的塑胶工模具钢，具有以下特性:

- 良好的耐腐蚀性
- 优异的抛光性
- 良好的耐磨性
- 高硬度55−58 HRC，以抵抗压痕
- 优异的延展性和韧性
- 在热处理和服役过程中有良好的尺寸稳定性
- 均匀的微观组织和细小的晶粒
- 良好的淬透性

Tyrax ESR以硬度约190 HB的软退火状态交货。Tyrax ESR采用电渣重熔（ESR）技术来生产，杂质含量低。

典型成分 %	C 0.4	Si 0.2	Mn 0.5	Cr 12.0	Mo 2.3	V 0.5	N +
供货状态	软性退火至约190HB						

应用

Tyrax ESR适用于从事长期生产的模具、增强塑胶工模具和压缩成形模具，也适用于塑化螺杆等工程应用。Tyrax ESR适合在腐蚀性条件下使用，比如在潮湿条件下工作/储存的模具，或适用于腐蚀性塑料生产的模具。Tyrax ESR的高韧性/延展性使其适用于复杂的模具。Tyrax ESR也适用于有高镜面需求的应用。

- 含有玻纤填充剂与腐蚀性添加剂的高性能塑料
- PVC等腐蚀性塑料
- 高表面光洁度，比如用于生产光学部件

性能

物理性能

淬火并回火至 56 HRC。常温及高温下的数据。

温度	20 °C	200 °C	400 °C
密度 kg/m³	7 750	-	-
弹性模量 MPa	209 000	204 000	187 000
热膨胀系数 20°C起/°C	-	11.3 x 10^{-6}	12.0 x 10^{-6}
热传导系数 * W/m°C	22.3	24.1	25.1
比热 J/kg °C	460	-	-

* 热传导系数测量十分困难，离散度（误差）高达 ±15%

在室温下的抗拉强度

拉伸强度为近似估值。测试试样在1050°C~1080°C进行淬火，真空炉气淬，然后在530°C温度下回火两次，每次两小时，获得要求的硬度。所有样品取自尺寸为254x102 mm的原材料。

硬度	56 HRC	58 HRC
抗拉强度, Rm MPa	2 060	2 260
屈服强度 $Rp_{0.2}$ MPa	1 460	1 610

抗压强度

下表显示了大致的抗压强度。试样在1050°C下淬火，在真空炉中进行气体淬火，并在525°C下回火两次，每次两小时，以达到所给的硬度。

硬度 HRC	抗压屈服强度, $Rc_{0.2}$, MPa
56	1 820

冲击韧性

与其他W.-Nr.1.2083 / AISI 440型不锈工模具钢相比Tyrax ESR具备更高的韧性/延展性。

从锻件中心选取试样，室温条件下在试样的短横(S-T)方向进行冲击强度实验，测试结果如下：

原材料尺寸: 250x80 mm

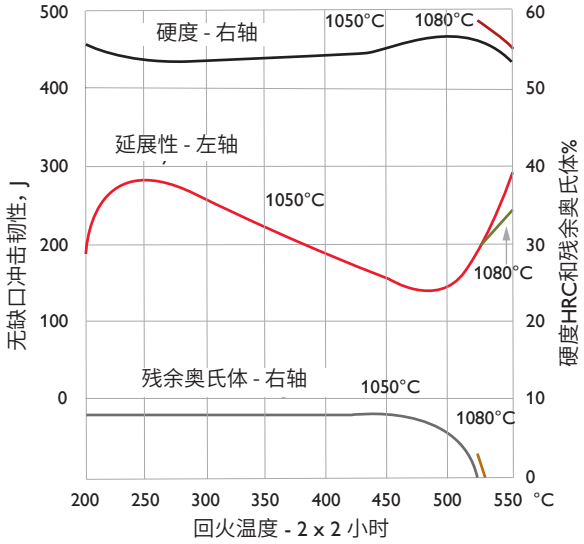
冲击样品尺寸: 7 x 10 x 55 mm 无缺口

分别在1050°C和1080°C温度下淬火30分钟。

在真空炉中淬火，回火两次，每次两小时 。

回火温度对无切口冲击韧性的影响

所有测试均在室温下进行





耐腐蚀性

在低温回火并进行镜面抛光条件下，Tyrax ESR表现出极佳的耐腐蚀性。Tyrax ESR可抵抗来自水、水蒸气、弱有机酸、硝酸盐、碳酸盐和其他盐类稀溶液的腐蚀。

在潮湿的工作和储存条件下，以及正常生产条件下模塑腐蚀性塑料时，Tyrax ESR制成的模具均展现出良好的抗锈蚀和抗污染性。

热处理

软化退火

在保护状态下，加热至860°C均温后，于炉中以每小时10°C的速度冷却至650°C，然后置于空气中冷却。

去应力回火

粗加工后，必须加热至650°C均温2小时，随炉缓慢冷却至500°C，然后置于空气中冷却。

淬火

预热温度600–850°C。

推荐的奥氏体化温度：1050–1080°C，保温30分钟 。

淬火介质

通常，淬火速率应尽可能快。为了优化工模具钢的性能，特别是在耐腐蚀性、韧性和抗裂性方面，需要加快淬火速率。然而，也必须考虑过度变形和开裂的风险。

所使用的淬火介质应能够形成完全淬火的显微组织。对于 Tyrax ESR，不同的淬火速率由 CCT 曲线图定义 。

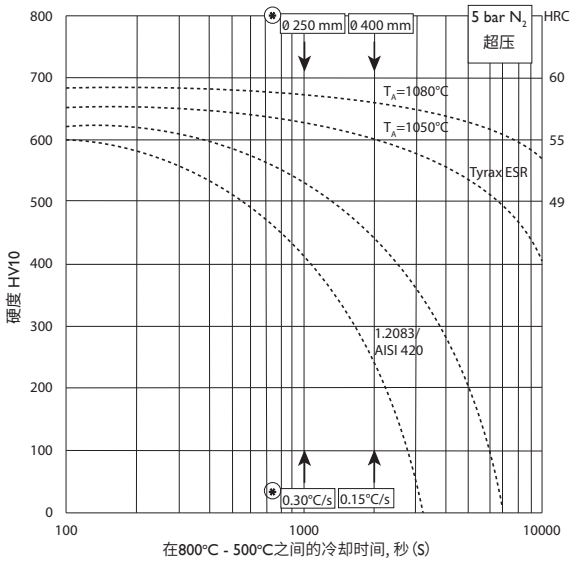
淬火介质推荐

- 足够正压的真空气冷
- 在250–550°C下的流化床或盐浴炉中淬火，然后再鼓风冷却
- 对于几何结构复杂的工件，建议在 400–450°C进行中断淬火，以降低变形程度
- 高速气体/循环气氛

Tyrax ESR具有比W.-Nr. 1.2083 / AISI 420类型材料更好的淬透性，即使在大尺寸模具的中心也能获得高硬度。非常好的淬透性也会对其他性能产生决定性影响，如韧性和耐腐蚀性。

淬火冷却速度对硬度的影响

分别在1050°C–1080°C淬火。



* 指出了两种尺寸样品中心的淬火冷却速度。

深冷处理

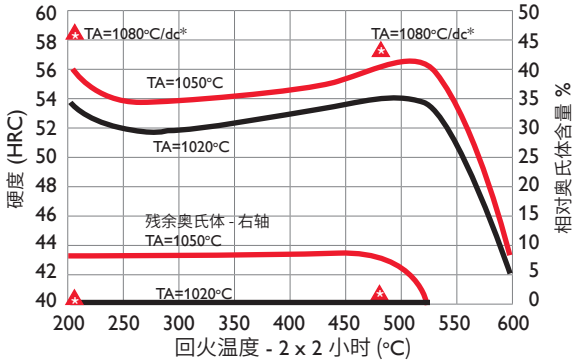
对于在热处理后对尺寸稳定性有高要求的模具，可在温度为（-120°C至-196°C）的液氮中进行深冷处理，深冷处理应在回火前进行。但是，复杂形状的模具存在开裂风险，应避免深冷处理。

因为深冷处理使残余奥氏体得到消除或含量低，硬度和耐磨损性能相应增加，所以低温回火前的深冷处理尤其有意义。与在525°C或更高温度下进行回火相比，200°C至300°C低温回火可进一步增强耐腐蚀性。

淬火 1080°C / 30分钟 / 在 -196°C 进行低温处理	回火 200°C/2x2h
硬度	58–59 HRC
残余奥氏体	<2%

回火

应根据下方图表所示的目标硬度选择回火温度。建议回火两次，并在两次之间冷却至室温。最低回火温度为 200°C。回火保温时间为2小时。



▲* dc= 深冷处理 - 在液氮中进行的深冷处理 (-170 至-196°C)

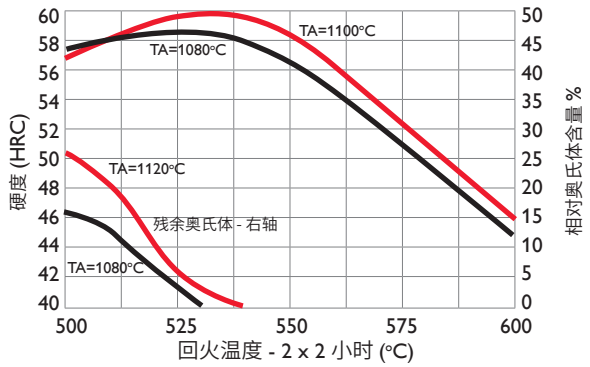
回火曲线是在对15x15x40mm大小的样品进行真空气淬热处理后获得的。

在200°C–250°C回火可获得韧性、硬度及耐腐蚀性的最佳组合。然而，对于复杂的模具设计，建议采用高温回火（不低于525°C），以将残余应力和残余奥氏体降至最低。

在1080°C淬火和530°C回火可获得达58HRC的硬度，仍然具有良好的延展性。

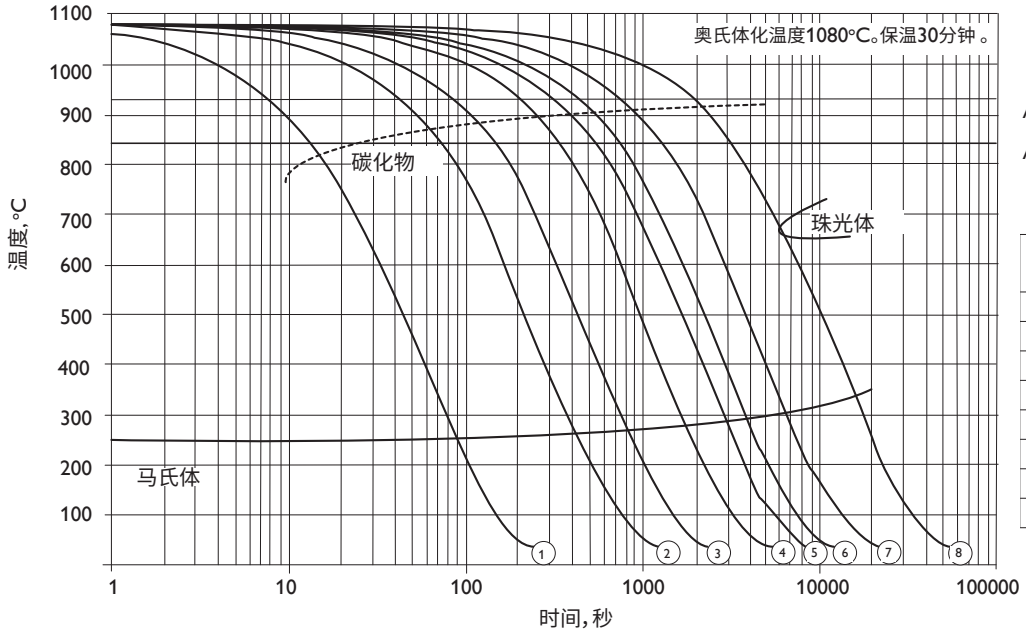
特殊情况下，可以采用1100°C的淬火温度，回火温度为525–530°C时硬度可提高至60HRC，仅在韧性次要时才采用1100°C淬火。

Tyrax ESR也可以在 AISI 420 的常用硬度 52 HRC下使用，采用1020°C作为淬火温度并在250°C两次回火，每次回火保温2小时，残余奥氏体量<2%。



CCT - 曲线

奥氏体化温度1080°C。保温 30 分钟。



A_{C1f} = 930 °C

A_{C1f} = 845 °C

冷却曲线编号	硬度 HV 10	$T_{800-500}$ (秒)
1	685	28
2	664	140
3	681	280
4	680	630
5	677	1 030
6	688	1 390
7	654	2 400
8	609	6 240

尺寸变化

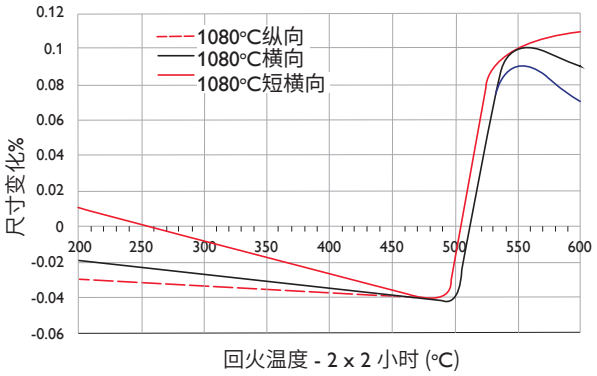
材料在淬火和回火后尺寸变化如下图所示。

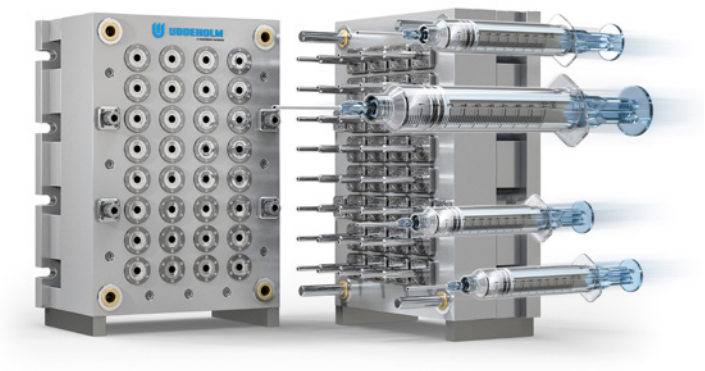
奥氏体化: 1080°C / 30 分钟, 在800°C-500°C之间以0.64°C/秒的速度在真空炉中冷却。

回火: 在各个回火温度回火两次, 每次保温2小时。

样品尺寸: 100 x 40 x 20 mm

对于Tyrax ESR, 建议加工余量为0.15%





机加工推荐

以下机加工参数仅作为加工指南，必须随实际加工条件做相应调整。

下表中的机加工参数对于Tyrax ESR仅在约190HB的软退火态硬度下有效。

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	140 – 190	190 – 240	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	P20 - P30 涂覆硬质合金	P10 涂覆硬质合金、金属陶瓷	-

钻孔

高速钢麻花钻头

钻头直径 mm	钻孔速度 (vc) m/min	进给量 (f) mm/rev
≤ 5	12 – 16 *	0.05 – 0.15
5 – 10	12 – 16 *	0.15 – 0.20
10 – 15	12 – 16 *	0.20 – 0.25
15 – 20	12 – 16 *	0.25 – 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	160 – 200	80 – 100	60 – 90
进给量(f) mm/rev	0.03 – 0.10 [2]	0.10 – 0.25 [3]	0.15 – 0.25 [4]

[1] 可替换式或钎焊硬质合金钻头
[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

下表中的建议适用于 Tyrax ESR 在淬火和回火状态下（硬度为 54–58 HRC）。

可转位铣削刀片：请选择 ISO P 等级，同时也适用于 M、S 和 H 区域。

车床加工

切削参数	硬质合金车刀	
	粗车	精车
车削速度 (v_c) m/min	40 – 60	60 – 80
进给量(f) mm/rev	0.1 – 0.2	0.05 – 0.1
切深 (a_p) mm	0.5 – 2.0	0.2 – 0.5
硬质合金刀具 ISO标号	K10 – K20 涂覆硬质合金、CBN	K10, P05 – P15 涂覆硬质合金、金属陶瓷、CBN

- 建议使用切削液
- 避免在断续切削条件下使用 CBN 刀具
- 如使用陶瓷刀片，在断续切削时应提高切削速度
- 使用耐高温涂层刀具

钻孔

硬质合金钻头

加工参数	钻头类型	
	整体硬质合金	钎焊硬质合金 [1]
钻孔速度 (v_c), m/min	30 – 40	40 – 60
进给量(f) mm/rev	0.05 – 0.20 [2]	0.10 – 0.20 [3]

[1] 可替换式或钎焊硬质合金钻头
[2] 钻孔直径为 5 – 20 mm 的进给速度
[3] 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	30 – 50	50 – 70
进给量 (f_z) mm/tooth	0.05 – 0.2	0.05 – 0.1
切深 (a_p) mm	0.5 – 2.0	0.1 – 0.5
硬质合金刀具 ISO标号	P10 – P30 H20 – H30 涂覆硬质合金*	P10 – 20 H10 – H20 涂覆硬质合金*

* 使用耐高温涂层

端铣

切削参数	端铣刀类型	
	整体硬质合金	可转位硬质合金
铣削速度(V_c) m/min	60 – 80	40 – 80
进给量 (f_z) mm/tooth	0.01 – 0.10 [1]	0.05 – 0.15 [1]
硬质合金刀具 ISO 标号	半精加工 选择适用于 55–60 HRC 的范围 [2]	P10 – P30 [2] H20 – H30 [2]

[1] 根据切削的径向厚度和刀具直径调整
[2] 使用耐高温涂层

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 46 LV	A 60 KV
内圆磨削	A 46 JV	A 60 IV
成形磨削	A 100 LV	A 120 KV

焊接

模具钢焊接后一般容易发生开裂。但是如能注意一些细节，在焊前、焊接过程中和焊后采取正确的预防措施，为了获得好的焊接效果，正确的坡口处理、焊前预热、焊接层间温度、焊后热处理及焊条的选择都是非常关键的因素。

为了获得最佳的抛光机及皮纹效果，推荐使用与模具钢具有相同成分的焊材。

焊接方法	TIG
预热温度*	250 °C ± 25 °C
填充材料	TYRAX TIG Weld STAVAX TIG Weld MIRRAX TIG Weld
最高层间温度	高于预热温度150°C
焊后冷速	前2个小时以20 – 40°C/小时的速度冷却，然后空冷
焊后硬度	48 – 58 HRC
焊后热处理	
淬硬态	低于原先的回火温度25°C回火
软态	在860°C的保护气氛下进行软化退火。 随后以10°C/小时的速度随炉冷却至650°C，然后空冷。

抛光

Tyrax ESR 在淬火和回火条件下具有出色的抛光性。它可以在很短的步骤内抛光到极高水平的表面光洁度。

有关抛光的更多详细信息，请参阅“工模具钢抛光”手册。

更多信息

请与您最近的一胜百公司联系，以获得更多有关钢材选择、热处理及应用等资料。



增材制造

AM Tyrax 提供粉末形式，适用于激光粉末床熔融 (LPBF) 和激光金属沉积 (LMD) 工艺。该粉末是气体雾化的Tyrax ESR产品，其物理性能在ESR材料的正常变化范围内。

简介

与同类增材制造工模具钢相比，AM Tyrax具备多重优势，其独特的性能特征组合包括：

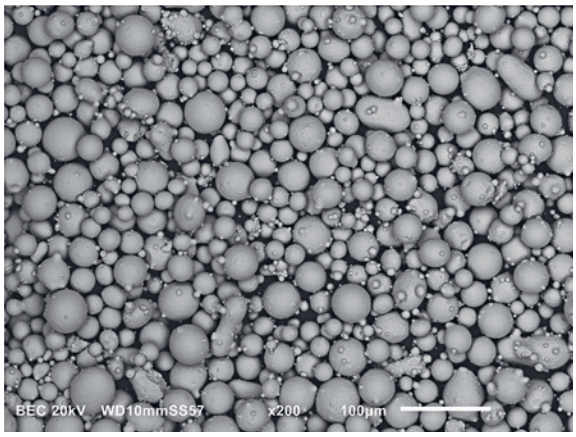
- 高硬度，最高可达58–60 HRC
- 可直接进行回火处理
- 由于热处理后可将残留奥氏体含量降低到少于2%，因此具有良好的尺寸稳定性
- 优异的抛光性，即非常高的密度（99.997%）与非常高的光泽度相结合
- 在淬火+回火状态以及直接回火状态下，均具有各向同性和优越的韧性
- 良好的耐腐蚀性
- 在淬火和回火后，结合显微组织中的碳化物，具有非常好的耐磨性和高硬度
- 对于嫁接打印具有很高的适用性，特别是当Tyrax ESR 作为基座材料时
- 具有非常高的抗回火性能，尤其是在直接回火状态下

应用

- 用于以下用途的型芯和型腔：
  - 增强腐蚀性塑料
  - 光学部件
  - 复杂设计的部件
  - 长期批量生产的部件
- 工程部件

粉末特性

该粉末的化学成分与 ESR 材料的核心元素相同，且氧含量最高为 200 ppm。



形状分布和密度

典型值

球形度	0.94
长宽比	0.90
表观密度 g/cm³	4.0
振实密度 g/cm³	4.8
真实密度 g/cm³	7.8

颗粒大小和分布

AM Tyrax 的筛分颗粒大小介于 20–50 µm 之间。

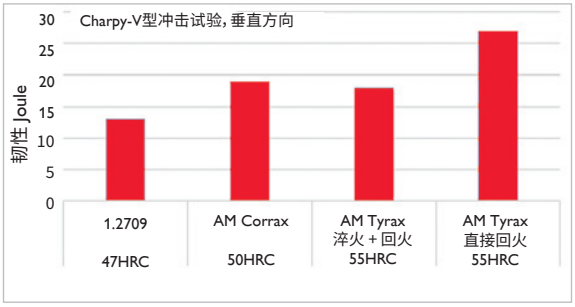
典型值

D10	D50	D90
22 µm	34 µm	48 µm

性能

冲击韧性

AM Tyrax 在较高硬度水平下仍具有较高的韧性，近似数值可见下方图表。



对尺寸为 77×77×80 mm 的立方体进行了韧性测试，结果显示在垂直方向和水平方向上韧性表现出高度各向同性。

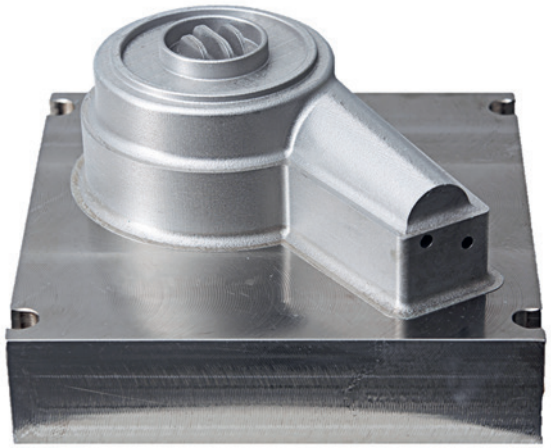
T_{aust} °C	T_{temp} °C	HRC	韧性 J 垂直方向	韧性 J 水平方向
1050 / 30 min	540/2x2h	55	17	15
-	570/2x2h	52	33	33

抗拉强度

抗拉强度和延伸率在垂直方向上进行测量。

	淬火 + 回火至 56 HRC *	直接回火至 52 HRC **
屈服强度 $Rp_{0.2}$ MPa	1 600	1 520
抗拉强度 Rm MPa	2 070	1 830
延伸率 A_5%	9	13

* 1050°C + 540°C / 2 x 2h
** 570°C / 2 x 2h



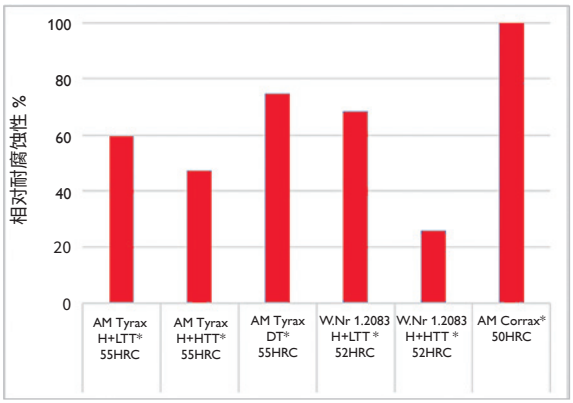
耐腐蚀性

AM Tyrax 具有良好的耐腐蚀性，完全可与 Tyrax ESR 相媲美。

通常情况下，马氏体不锈钢在低温回火并抛光至镜面状态时表现出最佳的耐腐蚀性，这一点同样适用于 AM Tyrax。然而，对于 AM Tyrax，直接回火状态下的耐腐蚀性表现甚至更佳。

相对耐腐蚀性

H+LTT = 淬火 + 低温回火
H+HTT = 淬火 + 高温回火
DT = 直接回火
标有 * 的钢材在 0.1M 氯化钠溶液中会形成钝化膜

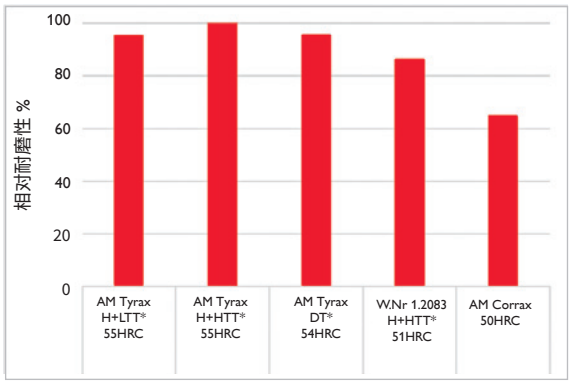


增材制造

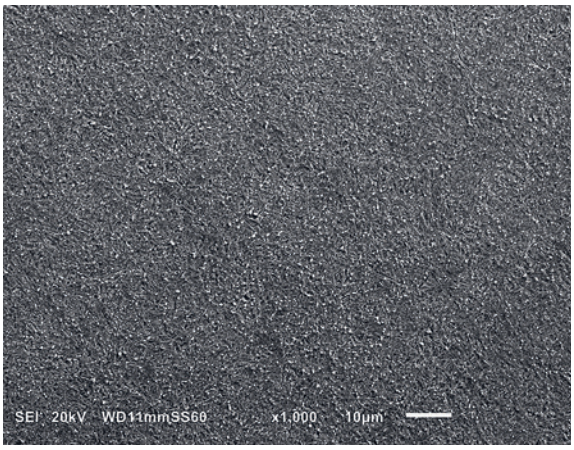
耐磨性

由于具有高硬度以及显微组织中存在硬质碳化物，AM Tyrax 对大多数磨蚀性介质表现出优异的耐磨性。

相对耐磨性



H+LTT = 淬火 + 低温回火，
H+HTT = 淬火 + 高温回火
DT = 直接回火



淬火回火状态下的显微组织。白色颗粒是在硬质马氏体基体中均匀分布的碳化物。

抛光

AM Tyrax 具有极高的抛光性，可实现优异的表面光洁度和高光泽的抛光表面。经过正确加工后，AM Tyrax 在低孔隙率和夹杂物含量方面完全可与 Tyrax ESR 相媲美，为高要求的模具应用提供了理想的表面质量。

AM Tyrax 的抛光方式与 Tyrax ESR 相同，这意味着与 420 型材料相比，所需的抛光步骤更少。

可达到极高的致密度，为99.997 ± 0.003%，并具有出色的光泽度 。

增材制造加工

设备 / 机器	EOS M290
保护气体	Argon
层厚	60 µm
激光功率	338 W
扫描速度	1008 mm/s
扫描间距	0.094 mm
扫描方式	Stripes, 9.75 mm
基板温度	200 °C

建议使用厚度不小于 55 毫米的基板以及具有相似热性能的嫁接底座，例如 Tyrax ESR。

后处理

打印后硬度约为 60 HRC，并含有高达25%的残余奥氏体。经过推荐的热处理后，残余奥氏体的含量可降至最低。无需进行深冷处理。然而，如果需要兼具高耐腐蚀性（低温回火）和高硬度，可以采用深冷处理。

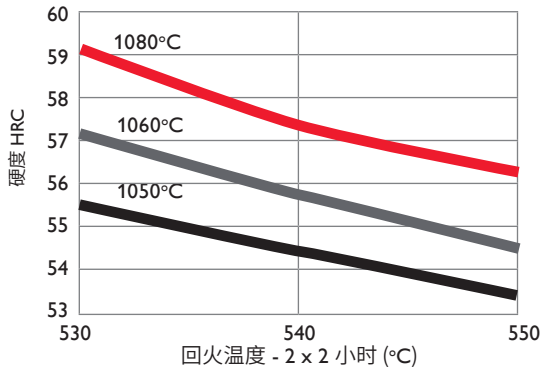
淬火前预热

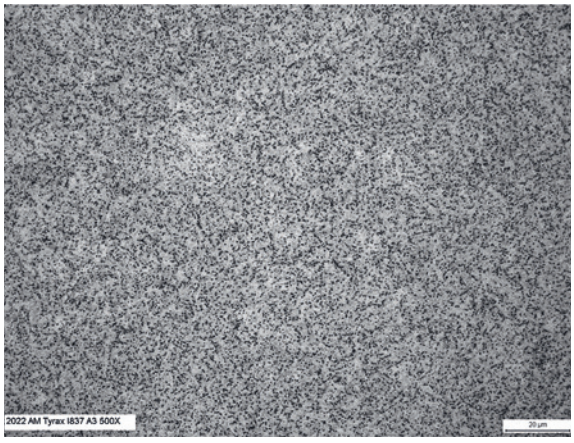
打印后，构建出的零件会含有不同程度的残余应力。为了降低有害应力并避免额外的热应力，建议在淬火前进行预热处理。

加热速率为每分钟 7°C，预热步骤为：650°C 保温 10 分钟，随后 850°C 保温 10 分钟。

淬火与回火

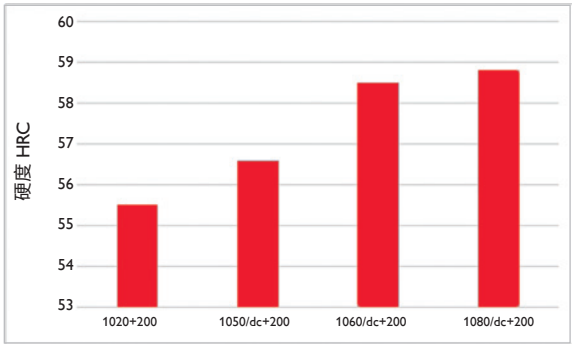
AM Tyrax可按照下方的回火曲线进行淬火与回火处理，残余奥氏体含量低于2%。奥氏体化保温时间为 30 分钟。





淬火回火状态下的显微组织

对材料也可以进行低温回火（LTT），以提高其耐腐蚀性，相较于高温回火（HTT）更具优势。
下图所示的热处理工艺可使残余奥氏体含量低于2%。但需要注意的是，高温回火（HTT）相比低温回火（LTT）能释放更多的内应力。

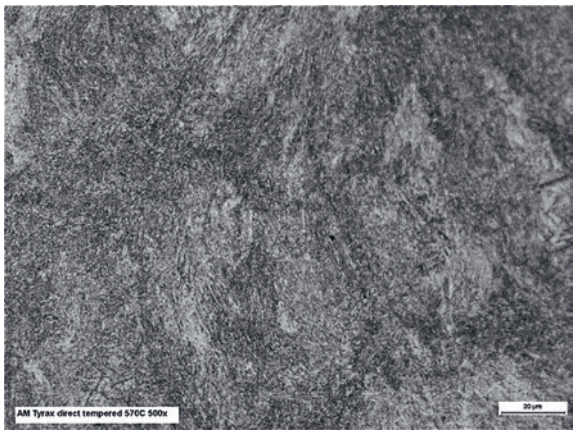


在 200°C 下回火（2 次，每次 2 小时）后所达到的硬度水平（有或没有深冷处理），其中 dc = 深冷处理至 -196°C。

直接回火

在打印AM Tyrax 后，也可以根据下表进行直接回火，此时残余奥氏体含量低于 2%。

回火温度 / 时间	硬度
560 °C/ 2x2 小时	55 ± 1 HRC
565 °C/ 2x2 小时	54 ± 1 HRC
570 °C/ 2x2 小时	53 ± 1 HRC



直接回火状态下的显微组织

增材制造

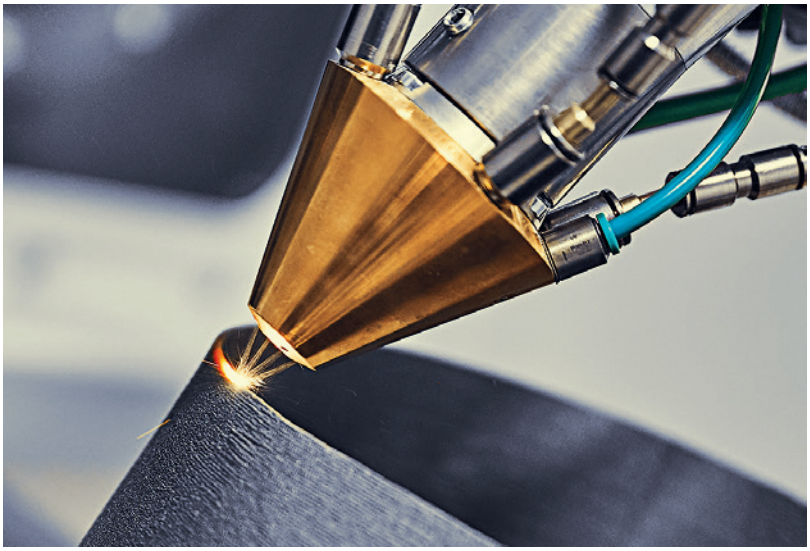


LMD

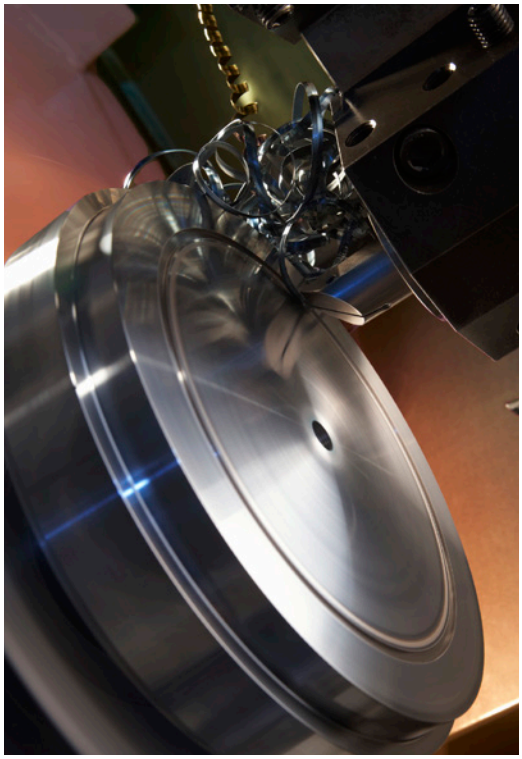
AM Tyrax 可用于激光金属沉积（LMD）工艺，因此提供粒径为 50–125 µm的粉末。

推荐的熔覆处理后的后续热处理是进行回火，温度应比基材先前的回火温度低25°C。

在熔覆后采用以下热处理工艺时，可以达到57-59 HRC的硬度：550°C保温5小时。



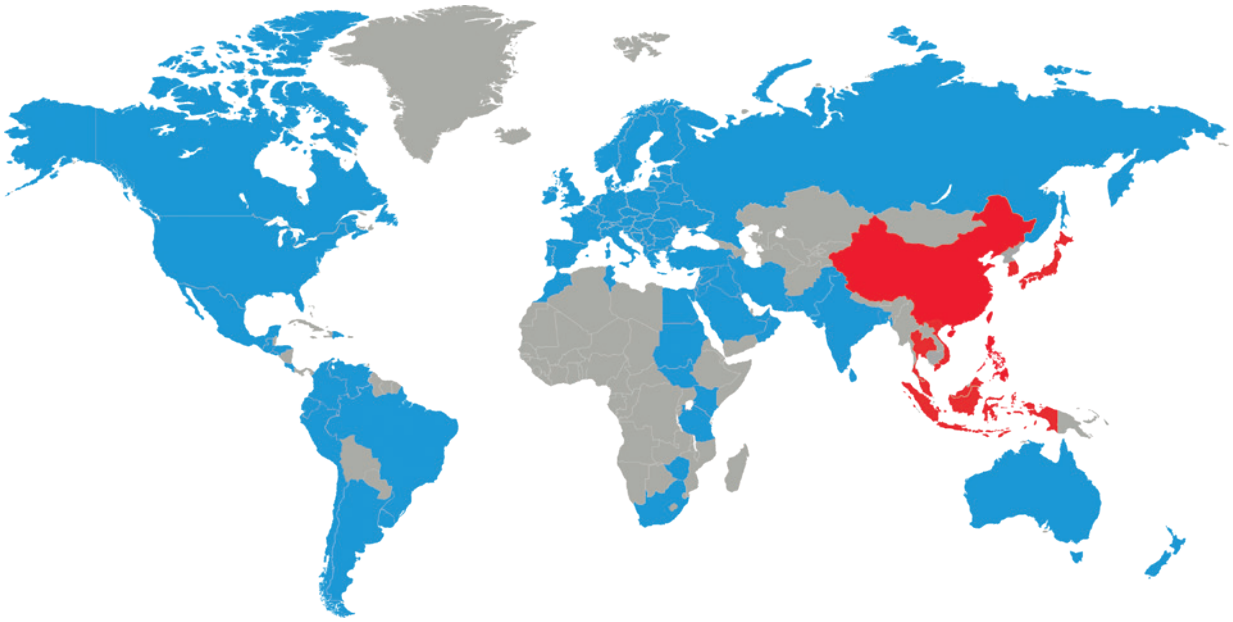
一胜百
卓越的工模具解决方案
一站式供应商





一胜百是一站式产品和服务的供应商，提供卓越的工模具解决方案。除了供应工模具钢及特殊钢材之外，我们也致力于提供覆盖所有供应链的综合增值服务，如机加工，热处理和涂层服务，确保为客户打造方便可靠的钢材使用体验。我们也致力于为客户提供解决方案，不断推陈出新，提高总体生产成本效益。





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，针对不同应用为您优选合适的模具钢种，以及极佳的处理方式。一胜百不仅提供优越品质的模具钢材，还提供先进的机加工、热处理、表面处理和增材制造（3D打印）等服务，增强模具钢性能，满足您的短交货期需求。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。

在亚太地区，一胜百为瑞典工模具钢制造商 Uddeholm 构建分销网络核心节点。Uddeholm 拥有逾350年工模具钢行业经验，与一胜百均为 voestalpine AG（奥钢联集团）的重要组成部分。奥钢联集团总部位于奥地利，是知名企业，自1995年起在维也纳证券交易所上市。通过协同合作，我们在钢铁与技术领域确立了关键市场地位，提供多元化的产品与服务体系。

如需要更多信息，请浏览：

www.assab.com

一胜百
微信账户二维码

UDDEHOLM
a voestalpine company

ASSAB
a voestalpine company