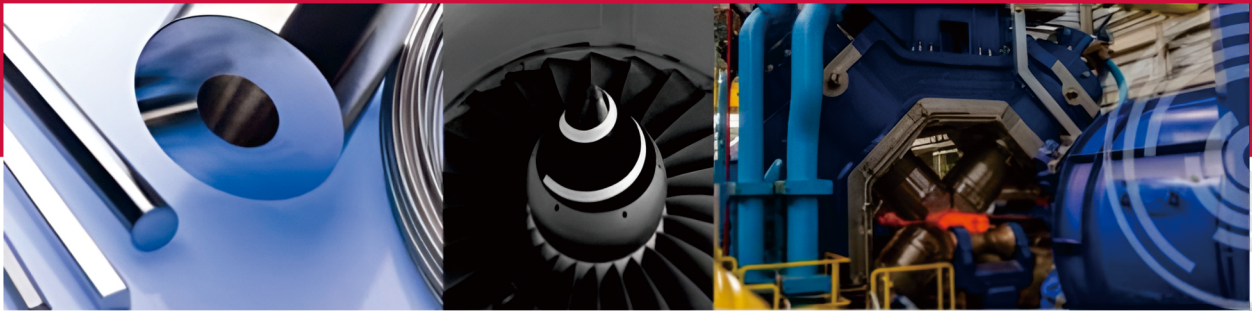


Micro-Melt® A11

Carpenter Power Products



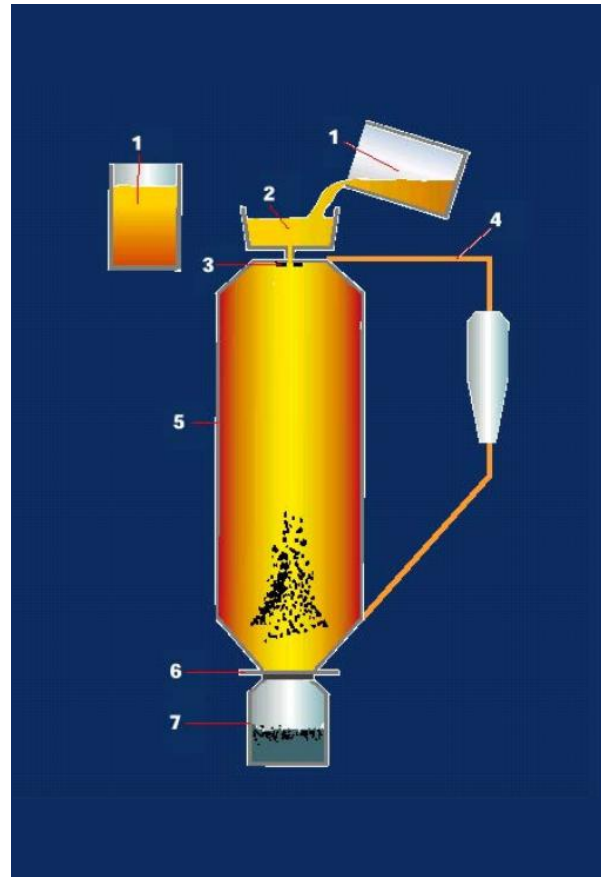
Tool steels from
Carpenter Powder Products Sweden

CARPENTER卡彭特独特的等离子加热中间罐提纯工艺优势

- 运用热力学原理的等离子加热中间罐提纯工艺
- 将夹杂物通过表面的超热等离子进行去除（或焚烧），如MnO加热后形成Mn和O，Mn会熔解于基材中，O则会和C形成CO₂
- 可以去除各种形式的非金属夹杂物
- 清洗步骤时间的精准把控
- 不会产生新的夹杂物再次掉入提纯钢材中的风险
- 在生产全过程中可以高效地去除夹杂物可锻造产品

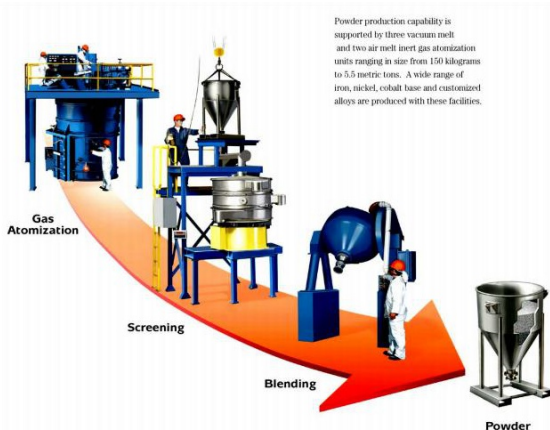
Powder atomization 粉末雾化装置

1. 5,5 ton furnaces 5.5吨熔炉
2. Tundish 中间罐
3. Atomization nozzle 雾化喷嘴
4. Gas system 气化系统
5. Atomization tower 雾化塔
6. Sealing mechanism 密封机构
7. Collecting container 成品收集



CARPENTER卡彭特粉末钢纯净度管控优势

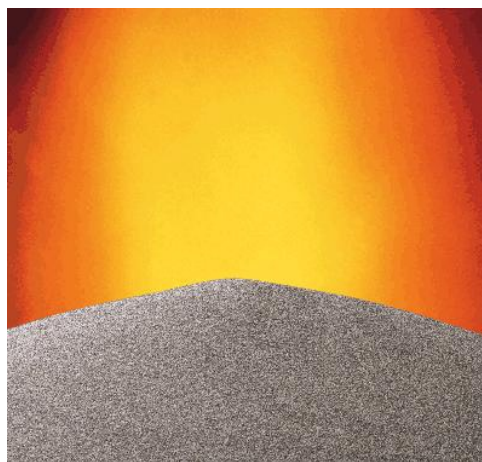
- 所有的粉末进行封样纯净度检测
- HIP工艺所需热能纯净度使用前进行检验确认
- 粉末在预筛选阶段后也需进行封样检测纯净度
- 样品粉末会被存入规定的焊封测试容器，检测合格后该批次粉末才会用于HIP工艺使用
- 测试容器的尺寸约为直径20mm，长50mm
- 样品测试前，会对装有样品的焊封容器进行软性退火
- 将容器一分为二，每边的面积都约为300mm²
- 选取总测试面积大于600mm²的样品进行测试
- 符合要求的样品将进行抛光并按照DIN 50602标准，检测最终非金属夹杂物的值，以K1为单位
- 符合要求的样品将进行酸蚀并按照DIN 50602标准，检测最终非金属夹杂物的值，以K1为单位
- 卡彭特工厂标准为K1 ≤ 1
- 其他竞品标准为K1 < 3





技术数据表

特殊粉末冶金冷作工模具钢



化学成分

Micro-Melt® A11

C	2.45 %	Mn	0.50 %
P (Max)	0.08 %	Cr	5.30 %
Si	0.90 %	V	9.50 %
Mo	1.30 %		

注：对于特定使用场景，可通过添加适量的S提高加工性能，此条件下S含量应少于0.3%。

基本信息

描述

Micro-Melt® A11 采用卡彭特微熔粉末特殊工艺生产的高钒工具钢。耐磨性优于大多数其他工具钢（包括高速钢），其同时兼具良好的强度和韧性。采用微熔体粉末特殊工艺带来诸多改善，如使粉末冶金产品中细化的微观结构（更小、更均匀分布的碳化物颗粒和更细的晶粒尺寸）和最小偏析的直接结果。从而使此类产品具备如下优点：易于切削，对热处理稳定性强，更强的耐磨性和韧性。

经测试数据，此产品与竞品CPM 10V在硬度、热处理性、耐磨性上具有同等性能。

典型应用

Micro-Melt A11特殊粉末冶金冷作工具钢。它是由高强度空冷硬化合金为基体，添加高含量的碳和钒发展而来，成为具有极佳的耐磨性、韧性和硬度，很高的抗压强度，非常好的淬透性和热处理稳定性，良好的抗回火软化性和表面处理能力，同时也是优秀的刃口稳定性的集合体。由于高耐磨性和出色的韧性，Micro-Melt A11 特别适合于冲切硬和难以加工的材料，解决经常出现开裂、崩角或低生产成本要求的用途。

典型应用包括：

冲切/拉延/成型模具	精冲模具	粉末压制
冲孔冲头	不锈钢冲切	纸张和薄膜切刀
铣刀/立铣刀	钻头	挤出螺杆
		冷锻/冷挤模具等

特性

物理性能			
温度	20℃	200℃	400℃
密度 (kg/m ³)	7450	7410	7380
弹性模数 (kN/mm ²)	220	210	200
热膨胀率 (/°C)	-	11.1×10 ⁻⁶	11.7×10 ⁻⁶
导热系数 (W/m°C)	24	20	22
比热 (J/kg°C)	460	500	530

注：密度为软退火状态，其他参数淬火/回火后状态。

不同温度区间的热膨胀系数 (淬火/回火后状态)	
20 - 100℃	10.7 × 10 ⁻⁶ mm/mm/°C
20 - 150℃	11.0 × 10 ⁻⁶ mm/mm/°C
20 - 205℃	11.2 × 10 ⁻⁶ mm/mm/°C
20 - 260℃	11.3 × 10 ⁻⁶ mm/mm/°C
20 - 425℃	11.8 × 10 ⁻⁶ mm/mm/°C
20 - 535℃	12.3 × 10 ⁻⁶ mm/mm/°C

典型加工性能

对于某些应用场景，需要使用到高强度缺口精确力学性的时候，使用单位在生产中测定是极其困难的，因此，我们整理了下面的数据，表中相对强度和韧性供参考。

热处理	三点弯曲强度		
	硬度	弯曲强度	
	HRC	Ksi	Mpa
奥氏体1950°F (1066°C)45min.油淬， 回火温度1000°F (538°C) 2hr.+2hr.	60.5	675	4654
奥氏体2050°F (1121°C)30min.油淬， 回火温度1000°F (538°C) 2hr.+2hr.	62.5	715	4930

热处理	无缺口冲击测试		
	硬度	冲击平均值	
	HRC	ft/lb	Joules
奥氏体1950°F (1066°C)30min.空冷， 回火温度1000°F (538°C) 2hr.+2hr.	60.0	35	47
奥氏体2050°F (1121°C)30min.油淬， 回火温度1000°F (538°C) 2hr.+2hr.	62.0	30	41
奥氏体2150°F (1177°C)10min.油淬， 回火温度1000°F (538°C) 2hr. 深冷-100°F (-73°C) 1hr. 回火温度1000°F (538°C) 2hr.空冷	64.0	25	34

热处理

脱碳

Micro-Melt A11 如诸多高碳钢一样，在淬火硬化过程中都有脱碳的风险，盐浴或真空炉处理可以确保在热处理过程中不会造成脱碳。

软态退火

按要求进行处理，防止过度脱碳或渗碳。缓慢加热至1600-1650°F (871-899°C)，并保温2小时以上或按最大厚度计算保温时间。在炉中以20-40°F/hr. (11-22°C/hr.) 速度缓慢冷却至1000°F (538°C)，然后空冷。退火后硬度应小于277 BHN (~28 HRC)。

淬火硬化

Micro-Melt A11 需采用适当的预防措施进行热处理，以防止脱碳。首先，预热到1500-1550°F (816-843°C)，均温后转移到保持所需硬化温度的炉中，或把工件置于用于奥氏体化循环的真空炉中预热。

根据使用的奥氏体化温度，在1850-2150°F (1010-1177°C)下奥氏体化50-60分钟。根据选择的奥氏体化温度，奥氏体化时间的一般建议在文档末尾的热处理表中给出。

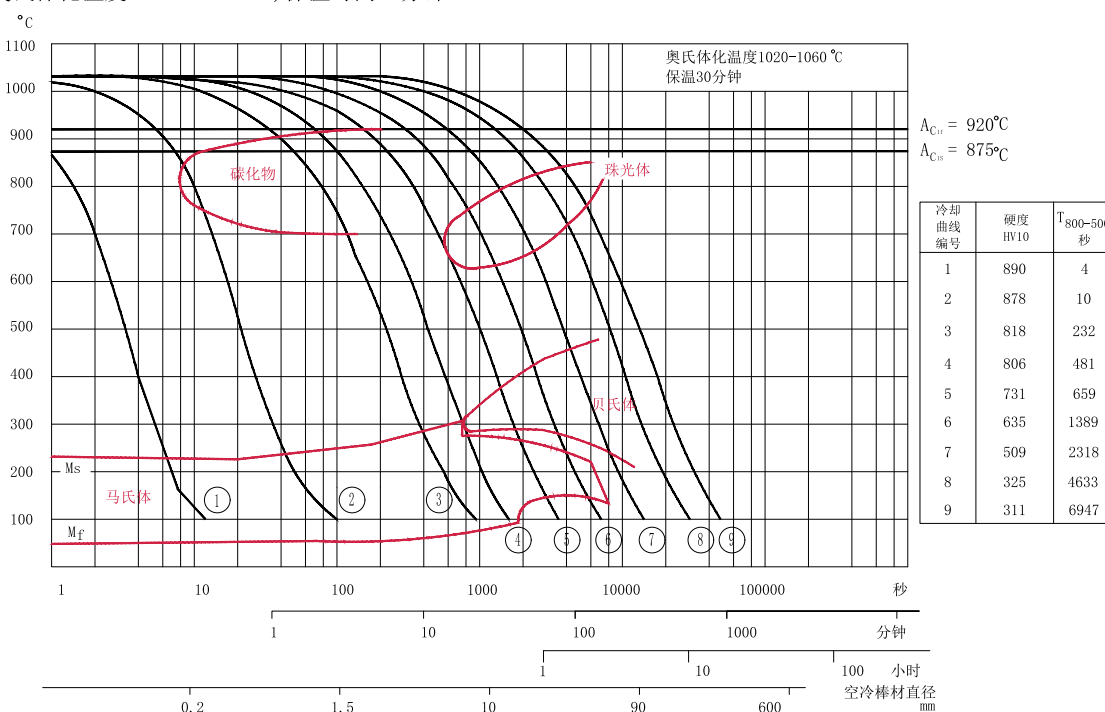
为了获得最佳的韧性和良好的耐磨性，在1950°F (1066°C)下奥氏体化30-60分钟，空冷到室温。然后调硬至58-61 HRC。

为了均衡韧性和耐磨性，在2050°F (1121°C)下奥氏体化20-40分钟，空冷或风冷后，油淬或盐淬至1000°F (538°C)，然后空冷至室温。然后可以使用最小淬火能力为4Bar的真空炉。然后调硬至60-62 HRC。

为了获得最大的耐磨性，需要在一定程度上牺牲韧性，在2150°F (1177°C)下奥氏体化5至10分钟，油淬。然后可以使用最小淬火能力为4Bar的真空炉。然后调硬至63-65 HRC。
(参考下方CCT-曲线图)

CCT-曲线图 (连续冷却)

奥氏体化温度1020-1060 °C，保温时间30分钟。



淬火介质

在真空淬火炉中，以足够的正压（2 - 5bar）的气体快速冷却；
 盐浴和流态炉中在500-550℃分级淬火；
 注意点1: 工件温度降至50-70℃，应立即回火处理；
 注意点2: 为获得最佳的韧性，工件应在允许范围内快速冷却；
 注意点3: 截面厚度>50mm的工件，应在压力气体中淬火，若在空气中淬火将使硬度降低。

消除应力

为了消除机加工的应力，开粗后，将工件缓慢加热到1150/1250℉（621/677℃），在此温度下保持至少2小时，缓慢均匀地冷却到800℉（427℃），然后在静止的空气中冷却。

整形

任何必要的整形，工件都应该在温度低于800℉（427℃）后进行。特别说明，此产品硬化后尺寸变化不大。典型的膨胀约为0.0004英寸/英寸。微整形即可。

回火

工件应在淬火完成后立即回火或在淬火完成的深冷处理后进行。回火范围为1000/1100℉（538/593℃）。工件需按每英寸（25.4 mm）厚度进行保温1小时以上，然后在静止空气中冷却至室温。在2100℉（1149℃）以上进行硬化时，建议在-100℉（-73℃）下进行三次回火+深冷。如需深冷，工件需在第一次回火后应立即深冷。（参考下方硬度曲线图）

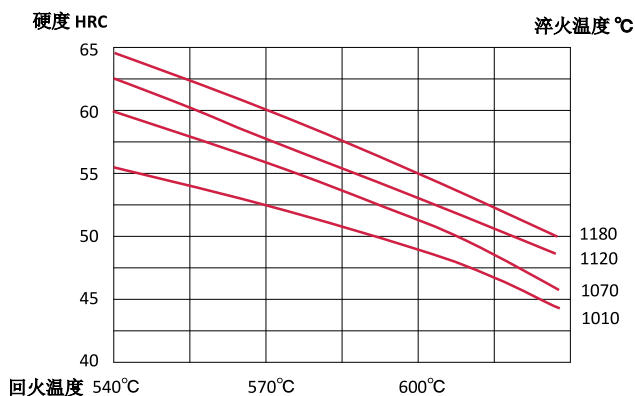
热处理过程中尺寸变化

Micro-Melt A11 在淬火和回火后尺寸将发生变化，试样尺寸：65 x 65 x 65mm 和 125 x 125 x 25mm，尺寸改变：长度、宽度和厚度增大+0.03% ~ +0.08%。

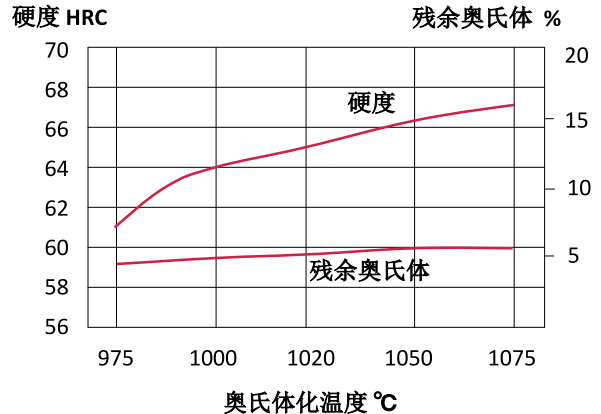
深冷处理

零件在工作过程中如需更好的尺寸稳定性，应进行深冷处理，进一步去除残余奥氏体，否则零件会随着残余奥氏体转变为马氏体过程中发生尺寸胀大和变形。Micro-Melt A11 推荐在-150℃ ~ -196℃之间深冷处理，保温1~3小时。深冷处理后，硬度会增加1 HRC。注意，零件需避免形状复杂设计（如直角、尖角和薄壁等），否则深冷处理将大大增加零件开裂的风险。

硬度曲线图（不同淬火温度与回火温度下）



残余奥氏体曲线图



注：回火2 X 2小时。

注：展示硬度、残余奥氏体与奥氏体化温度间的关系；保温30min，空冷。

加工与表面处理

机械加工

由于热处理前后的材料硬度有很大的差异，需根据设备供应商以及刀具供应商的建议，设置设备参数、切削参数和刀具刀片的选择，Micro-Melt A11 可进行车加工、铣加工、钻孔攻丝、磨削、电火花加工和线切割等。

注意事项：1、在磨削过程中，表面的局部高温可能会改变硬度，必须予以避免；

2、如果钢材在热处理后需要进行电火花加工或线切割加工，加工表面为再次硬化未回火的重熔层（白层）。电火花加工轮廓时，推荐采用“精细放电”，即低电流，高频率。为提高模具性能，经电火花加工或线切割的表面应进行研磨或抛光彻底去除白层，因为白层非常脆，表面布满微裂纹，极易导致零件或模具产生崩角或开裂！另外，建议零件或模具以500℃再回火一次。

PVD 涂层

Micro-Melt A11 通常选择的回火温度高于525℃，而PVD涂层为物理气相沉积，炉温通常在200-500℃之间，所以Micro-Melt A11 在PVD 涂层过程中没有尺寸变化的风险。另外，Micro-Melt A11 碳化物分布非常均匀，基体硬度高，使涂层结合力非常好，所以Micro-Melt A11适合PVD涂层。

CVD 与 TD

由于非常好的合金稳定性和粉末冶金生产工艺，Micro-Melt A11 的热处理工艺与D2类钢相似。一个最大的优势就是Micro-Melt A11 淬火、回火后的尺寸稳定性远好于传统高性能冷作钢。所以，Micro-Melt A11 比较适合进行CVD与TD涂层处理。但推荐模具在表面处理，再一次在真空炉里进行淬火和回火处理。

氮化

建议在特殊的盐浴炉中，做短时间的氮化处理，但氮化炉温选择低于525℃，产生2-20um的扩散层，可以降低工具表面的摩擦和带来其它的好处。另外，PVD表面涂层，可以在基体与涂层之间增加0.02-0.05mm的离子氮化层，可以有效提高涂层的结合力。

其他信息

耐磨性

依据(ASTM G65, 方法A)，测试样品的体积损耗在30分钟的测试时间为评判依据。试样体积损耗越小，耐磨性越好。

牌号	硬度 (HRC)	损耗值 (mm ³)
Micro-Melt A11	64.0	9.0
Micro-Melt A11	60.0	11.1
Micro-Melt A11-LVC	55.0	14.4
Micro-Melt A11-LVC	49.0	16.3
AISI M2	65.0	23.3
AISI D2	60.0	41.0
AISI A2	60.0	62.6
AISI H13	51.0	127.0

可锻造产品

棒材

圆钢

方钢

扁钢

钢坯

粉末合金

.....

声明

本技术数据表中的数据以及其他数据表中的信息，其仅用于介绍本公司产品及说明的平均数据，不具备法律约束力。其并不构成质量数据，也不可作为对质量和耐久性的任何保证。

本文内容不可取代有关产品选择以及产品特定应用性的全方位咨询。本手册不以变更内容为准。请与当地销售公司联系，以获取更多有关钢材选择、热处理、应用等信息。



www.carpentertechnology.com

North and South America:

Carpenter Powder Products Inc
600 Mayer Street, Bridgeville PA 15017, USA
Phone: (412) 257-5102 Fax: (412) 257-5154
E-mail: CPPBVL@cartech.com

Carpenter Powder Products RI
500 Park East Drive, Woonsocket RI 02895, USA
Phone (401) 769-5601 Fax: (401) 769-5908
E-mail: CPPRI@cartech.com

Europe:

Carpenter Powder Products AB
P O Box 45, SE-644 21 Torshälla, Sweden
Phone: +46 16 150100 Fax: +46 16 35 76 20
E-mail: CPPAB@cartech.com

Carpenter Powder Products GmbH
Düsseldorfer Str 9, DE-40211 Düsseldorf, GERMANY
Phone: +49 (0)211/175 20 83-0 Fax: +49 (0)211/175 20 83-3
E-mail: CPPGmbH@cartech.com

Carpenter Technology (Europe) S.A.
Rue Edouard Belin, 11
1435 Mont-Saint-Guibert, Belgium
Phone: 32-10-686-010 Fax: 32-10-686-020

China:

PMT平进模具科技有限公司 (苏州.无锡)
Pingjin Mould Technology Co.,Ltd. (Suzhou.Wuxi)
No.89, Aigehao Road, Weitang town, Xiangcheng Disirict, Suzhou, P.R.China
Tel : +86 512 6683 4870
Fax: +86 512 6683 4871
E-mail :support@pj-ms-group.com tech@pj-ms-group.com