



船舶与海洋工程行业解决方案

Höganäs海洋工程解决方案

起到重要保护作用

由于磨损和腐蚀，船用发动机需要定期保养。经过一定的时间，有的零件甚至需要更换新件。

通过在表面加工一层粉末保护层，可以延长新零件的寿命和修复磨损件。因此，可以极大可能的节约成本和减少停机时间。为达到最好的效果，透彻了解如何最优的结合粉末原料、工艺和表面处理技术至关重要。

Höganäs粉末产品范围广，适用于所有表面涂层技术。本手册主要关注修复用堆焊和热喷涂工艺：

- 新一代的堆焊工艺
- 等离子转移弧堆焊 (PTAW)
- 激光熔覆
- 热喷涂
- 粉末和服务
- 粉末快览



照片由希腊Roussakis SA提供

图1 轴的堆焊

新一代的堆焊工艺

采用焊接工艺来获得金属涂层的特点是与基材的冶金结合。控制工艺过程，降低基材的稀释率非常重要。这样可以确保涂层表面达到要求的特殊性能。

不同的堆焊工艺，涂层厚度可能相差很大，但是必须要达到要求的厚度和化学成分。需要小心防止基材温度过热导致变形和其他不良影响。

为什么要使用新一代的堆焊工艺？

传统的堆焊工艺，如金属惰性气体保护焊 (MIG/GMAG)，钨极惰性气体保护焊 (TIG) 和埋弧焊 (SAW) 已经成功地正在大范围的应用。然而，一系列的缺点，主要由于其对工件的热输入过高，往往影响一些应用的效果，甚至不能应用。

新一代的堆焊工艺如等离子转移弧堆焊 (PTAW) 和激光熔覆为提高生产和修复能力，降低成本和提高可靠性提供了极好的机会。

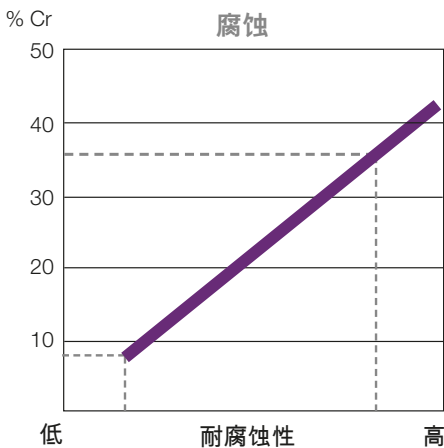


图2 Ni, Cr, Mo和Cu提高耐腐蚀性，C和B降低耐腐蚀性

磨损和腐蚀

磨损的形式有很多种，从磨粒磨损和粘着磨损到海洋环境中发生的冲蚀磨损。发生在气门和阀座之间的金属间磨损就是一个例子。通常情况下，这些表面会被涂覆以延长服务时间。Höganäs磨损实验室为我们提供的高耐磨材料提供技术支持。

腐蚀性环境下工作的应用，如尾轴，与海水接触，需要特殊的保护。无孔隙、无缺陷和裂纹，由优异的耐腐蚀性材料的组成的涂层可以显著的降低腐蚀的风险。合金元素对耐腐蚀性能的一般影响在图2中说明。点蚀在海水环境中尤其容易发生。钴基材料 (2528-00) 与典型的不锈钢 (316L) 的性能对比如图3所示。

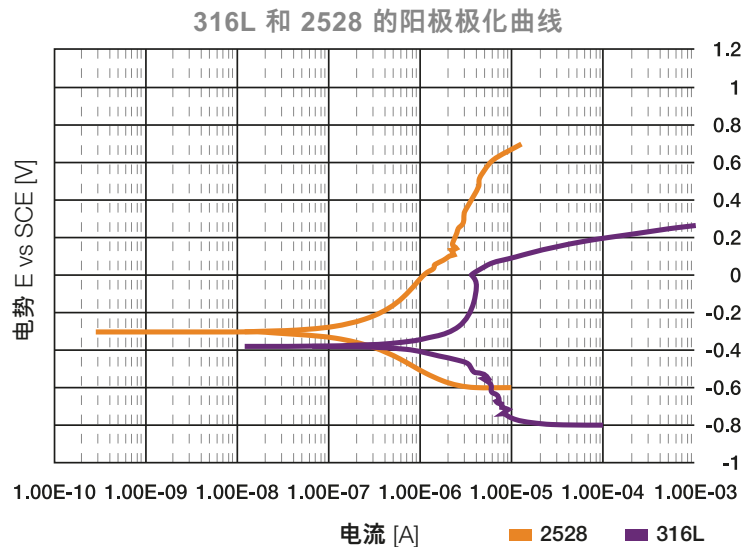


图3 316L和2528 激光熔覆耐腐蚀性能数据对比

PTAW

PTAW可与基材形成金属结合，并且来自基材的稀释率较小（推荐5-15%）。平行等离子气体流（20000K）提供熔化粉末和基材所需要的热量。气体，通常是氩气，在焊枪内流过钨电极和水冷铜喷嘴间的电弧被激发。

在喷嘴和基材的电势差的作用下，被激发的气体被送至基材上。金属粉末与喷嘴同轴输送，并在喷嘴中被等离子气体预热，被送至基材表面的熔池中。保护气同轴输送，以保护熔融的材料。



图4 船用阀座（左）和气门（右）。图片由南非 Abanqobi Spares提供。

应用

船用排气气门杆/阀座 | 钴基硬面合金和镍基超级合金被 OEM生产商和维修中心广泛的使用。

船用阀座 | 耐腐蚀和磨损性能要求高的应用，如气门，工作温度高，需要金属间密封。

管道和水泵系统零件 | PTAW稀释率更低，很好的替代了采用热丝送料的TIG焊。

主要优点

- 能量更集中，对基材的热输入更小
- 减少残余应力和变形
- 与SAW相比，氢气用量少
- 焊道形状控制良好
- 工艺重复性能好
- 便于数控集成
- 适用焊材广泛，如钴基、镍基和铁基，碳化物硬质合金同样适用

PTAW 和激光熔覆牌号

粉末牌号	粒径 μm	C%	Co%	Cr%	Mn%	Si%	B%	Ni%	Mo%	Fe%	W%	其他 %
镍基												
625	53-150	≤ 0.03	-	21.5	-	0.40	-	Bal.	9.0	1.4	-	Nb = 3.8
718	53-150	< 0.04	Max 1.0	18.0	-	Max 0.35	-	Bal.	3.0	19.0	-	Al = 0.3 Ti = 0.9 Nb = 5.1
1540-00	53-150	0.25	-	7.5	-	3.5	1.6	Bal.	-	2.5	-	-
1550-00	53-150	0.45	-	11.0	-	3.9	2.3	Bal.	-	2.9	-	-
钴基												
2528-00	53-150	0.25	Bal.	27.0	-	1.0	-	2.8	5.5	1.5	-	-
2537-00	53-150	1.1	Bal.	28.5	-	1.0	-	1.5	-	1.5	4.4	-
2537-10	53-150	1.3	Bal.	28.5	-	1.0	-	1.5	-	1.5	4.4	-
2541-00	53-150	1.4	Bal.	28.5	-	1.1	-	1.5	-	1.0	8.0	-
铁基												
316L	53-150	≤ 0.03	-	17.0	1.5	0.8	-	12.0	2.5	Bal.	-	-
420S	53-150	0.25	-	13.0	1.2	0.5	-	< 1.0	-	Bal.	-	-
410L	53-150	≤ 0.03	-	12.5	0.1	0.5	-	-	-	Bal.	-	-
3533-00	53-150	1.75	-	28.0	0.8	1.3	-	16.0	4.5	Bal.	-	-
3533-10	53-150	2.1	-	28.0	1.0	1.2	-	11.5	5.5	Bal.	-	-

激光熔覆

激光熔覆可以精确控制热输入获得最小的稀释率 (<5%)，是一种越来越受到关注的工艺。对样件的热输入最小，焊接质量和效率更高。使用高能激光束来熔化基材和焊料。与电弧相比，能量更集中。

所有输入的能量都被集中在一个小点上，并且没有由于高温气体或电磁力产生的扩散。焊料金属可以被预置在工件上，然后再焊接。另一个方式则是在焊接过程时将焊料以粉末的形式同步注入。

应用

重要的轴件和发动机部件 | 激光熔覆的焊接形变量最小，可以处理关键部件如螺旋桨轴、曲轴、泵轴、凸轮轴、活塞杆、十字销等等。

涡轮机械 | 现场激光熔覆可以快速和低成本地修复低压蒸汽涡轮机的叶片。小型涡轮转子可以被修复而且不变形。

其他工件 | 局部维修可以应用在铸铁部件上，成本最低，后加工要求最少，如昂贵的汽缸盖铸件、泵叶轮等。激光的低稀释率可以使1mm的涂层厚度在经过一年以后化学成分仍然保持不变。而MIG / GMAG工艺需要3层、8mm厚度(参见图5)。

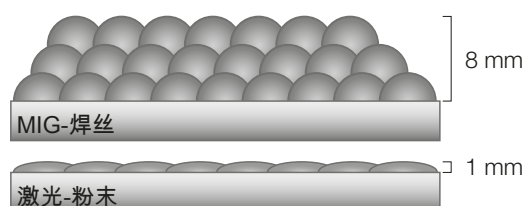


图5 由于焊道形状和搭接的影响，激光熔覆比 MIG / GMAG 达到最终尺寸所需要的机加工量更少。

主要优点:

- 修复件变形和残余应力最小
- 稀释率非常低 (< 5%)，涂层厚度薄
- 可以完全控制焊道的形状和涂层的厚度
- 可以局部加工
- 沉积率达12公斤/小时
- 基材与焊材之间完美熔合
- 机械性能高

粉末牌号	硬度 HRC	硬度 HV ₃₀	熔点范围 (°C)	热膨胀系数 (10 ⁻⁶ /°C)	霍尔流动性 (sec/50g)	密度 (g/cm ³)	推荐应用/ 特点/注释
镍基							
625		200*	1290-1350	15.6 (20-800°C)	14.2	8.4	IN 625 ¹⁾
718		240*	1200-1300	16.0 (25-800°C)	15.5	-	IN 718 ¹⁾
1540-00	40*		1010-1140	14.4 (25-600°C)	15.4	8.1	
1550-00	52*		1000-1110	13.6 (20-600°C)	15.4	7.9	
钴基							
2528-00		340*	1185-1385	15.6 (20-800°C)	15.7	8.3	Stellite 21 ²⁾
2537-00	41*	480	1285-1375	15.6 (20-800°C)	15.8	8.3	Stellite 6 ²⁾
2537-10	43*		1285-1375	15.6 (20-800°C)	15.8	8.3	Stellite 6 ²⁾
2541-00	44*		1280-1315	15.2 (20-800°C)	16.4	8.5	Stellite 12 ²⁾
铁基							
316L		160*	1375-1430	19.5 (20-800°C)	16.4	7.9	316L ³⁾
420S	55*			-	-	-	
410L		220*	1480-1530	-	14.5	-	416L ³⁾
3533-00	33*		1220-1320	-	15.0	7.8	
3533-10	42*		-	16.1 (25-800°C)	14.8	7.7	

* PTAW焊接测量数据

热喷涂

热喷涂是通过将高温焊料高速喷涂到工件上来形成涂层的工艺的统称。在海洋工业中,有大量的修复应用到如下的工艺。

火焰喷涂

火焰喷涂工艺利用可燃气体如氢气、乙炔、丙烷和天然气,作为热源,将涂层材料加热至软化。半熔融颗粒撞击后,呈扁平状,颗粒与颗粒间、颗粒与基材交错连接,形成机械结合。

为了得到与基材紧密结合的致密的涂层,一般还需进行火焰重熔。可通过气焊枪将涂层加热至约1000°C或者在可控气氛炉内加热重熔。

应用

- 各种工件的修复,例如轴颈和转轴密封区域

等离子喷涂

这种工艺与火焰喷涂非常相似。不同之处是,火焰被电子激发的高速、高温(≈15 000K)的等离子流代替。因此可以得到更致密的涂层(95-98%)。沉积速度为2-8kg/h,涂层厚度为0.1-0.25mm。

超音速喷涂(HVOF)

HVOF是一种使用高速气流的热喷涂工艺。在一个特别设计的燃烧喷嘴中,燃料和氧气的结合形成快速扩张的燃烧气体。金属焊粉通过被火焰加速,速度可达约5倍音速。在大多数HVOF喷涂系统中,颗粒瞬间通过火焰,所以不会被熔化。

颗粒撞击基材时,其塑化可提高熔化过程。这种特性特别适用于碳化物金属陶瓷,因为碳化物颗粒需要保持低于熔化温度来保持他们的性能。

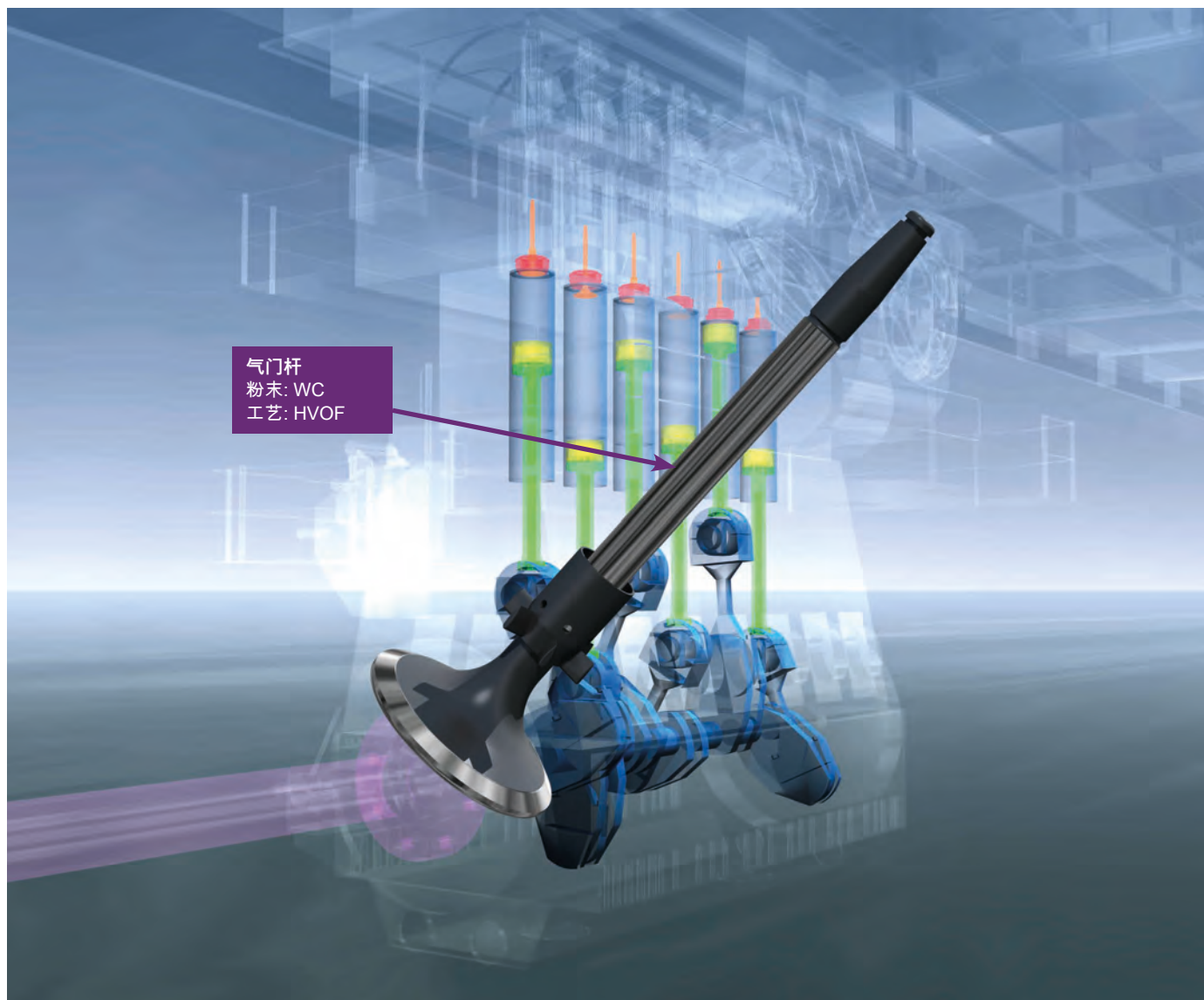
高碰撞速度可得到非常高的致密度(< 0.5%孔隙度)和具有优异的附着力、耐磨、耐腐蚀性能的均匀涂层。

应用

- 液压活塞杆
- 双冲程发动机活塞杆
- 排气门杆

等离子和HVOF喷涂牌号

粉末牌号	粒径 μm	C%	Co%	Cr%	Mn%	Si%	B%	Ni%	Mo%	Fe%	W%	其他%
镍基												
1660-02	20-53	0.75	-	14.8	-	4.3	3.1	Bal.	-	3.7	-	-
1660-02+WC	20-53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
钴基												
2628-02	20-53	0.25	Bal.	27.0	-	0.9	-	2.5	5.5	1.5	-	-
2637-02	20-53	1.1	Bal.	28.5	-	1.0	-	1.5	-	1.5	4.4	-
铁基												
316L	20-53	≤0.03	-	17.0	1.5	0.8	-	12.0	2.5	Bal.	-	-
3650-02	20-53	1.75	-	28.0	0.8	1.3	-	16.0	4.5	Bal.	-	-



气门杆
粉末: WC
工艺: HVOF

粉末牌号	硬度		熔点范围 (°C)	霍尔流动性 (sec/50g)	密度 (g/cm ³)	推荐应用/ 特点/注释
	HRC	HV ₃₀				
镍基						
1660-02		780*	970-1200	12.6	7.7	
1660-02+WC			-	-	-	
钴基						
2628-02		300**	1185-1385	11.5	-	Stellite 21 ²⁾
2637-02		380*	1275-1375	11.6	-	Stellite 6 ²⁾
铁基						
316L		160**	1275-1430	13.0	7.9	316L ³⁾
3650-02		500**	1220-1320	13.1	7.8	

* 参考值

** 测量值

Höganäs粉末

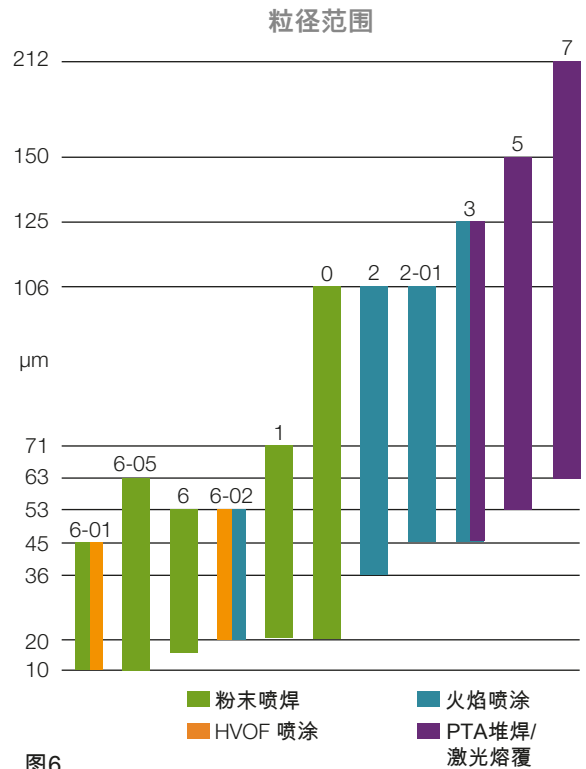
堆焊和热喷涂推荐

Höganäs生产的金属材料范围广泛，应用效果良好，包括船舶与海洋工程所需的成分。这些材料由适用于所有品牌设备的粒径区间。

选择合适的粉末牌号、化学成分和硬度等很重要，合适的粒径范围也同样重要。我们的粉末牌号有七种主要的筛分范围（参见图6）。

材料的选择

船级社规则为每一种应用指定了适用的材料。第11页列出了基于这些建议的一系列材料。



建议储存条件

- 储存期间，瓶盖需盖紧
- 使用后，请立即密封开启的瓶子
- 请将瓶子一直存放于干净和干燥的条件下
- 储存温度以15-25°C为宜

重要

使用前请摇匀瓶子。储存期间，不能有过大和过快的温度变化，因为这会造成瓶内湿度提高，即使瓶子是盖紧的。

如果粉末的水分含量升高，可以通过烘干降低。在80°C（最高100°C）下烘干粉末一个小时。同时旋转粉末，效果更佳。

服务

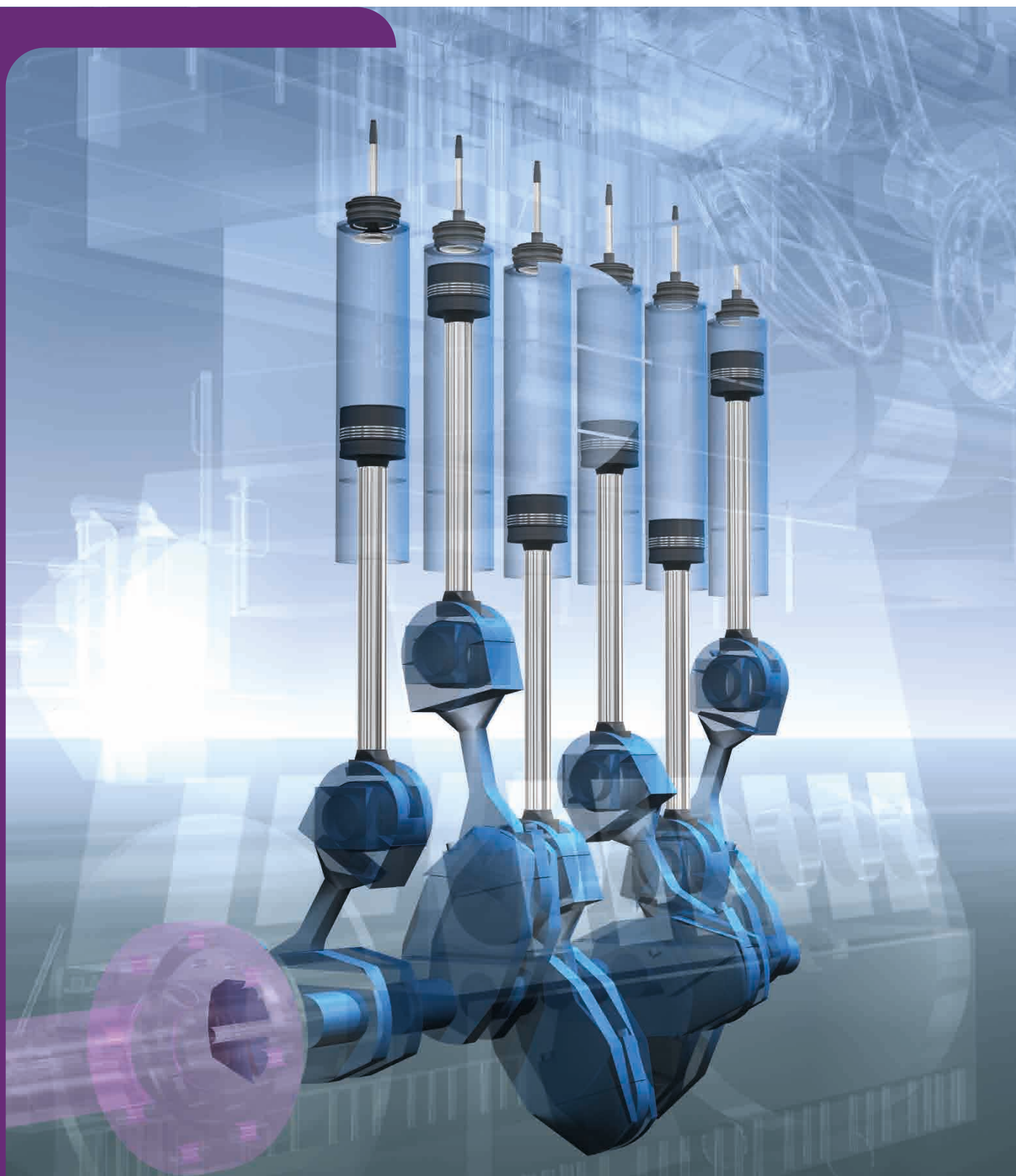
为激光熔覆提供独立的咨询服务，包括设备的选择、调试运行、工作人员培训和演讲的伙伴-请向我们的销售对粉末询价。

船级社可能要求准备堆焊样件，用于制作机械测试的试样。作为一项技术服务，我们可以为客户提供样件分析-请向我们的销售对粉末询价。

粉末名称
1 6 20 - 1 1
A B C - D E
A: 合金基
1 = 镍 (Ni)
2 = 钴 (Co)
3 = 铁 (Fe)
4 = 碳化钨 (WC)
B: 粒径范围标准
0 = 20 - 106 μm
1 = 20 - 71 μm
2 = 36 - 106 μm
3 = 45 - 125 μm
5 = 53 - 150 μm
6 = 15 - 53 μm
7 = 63 - 212 μm
C: 平均硬度:
洛氏硬度 C
D: 化学成分
1-9 = 改进版
E: 粒径范围
1-9 = 改进版

附注

- ¹⁾ Inco Corp公司注册商标
- ²⁾ Kennametal Stellite公司注册商标
- ³⁾ 美国A.I.S.I标准
- ⁴⁾ 球形颗粒
- ⁵⁾ 为HVOF专门设计的粒径范围



船用发动机示意图

Höganäs 粉末牌号快览

船舶与海洋工程应用

粉末	典型硬度 HRC	典型硬度 HV ₃₀	工艺	零件	应用
1550-00*	52		等离子堆焊或激光熔覆		排气门密封部位
2537-00*	41				
2537-10	43				
2541-00*	44				
718		240			
316L*		160			
625		200			气门底面
1660-02+WC	-	-	HVOF		
2537-00*	41		等离子堆焊或激光熔覆		气门座
420S	55				
316L*		160			
410L		220			
410L		220	等离子堆焊或激光熔覆		气门室
2537-00*	41				
2528-00		340	激光熔覆		涡轮转子
410L		220			
3533-10	42		激光熔覆		液压活塞杆 视耐腐蚀要求 2冲程发动机活塞杆
625		200			
420S	55				
625		200	等离子堆焊或激光熔覆		中间轴
3533-00	33				
316L*		160			
410L		220			
1540-00 ^a	40		激光熔覆		活塞顶 活塞槽 4冲程发动机 ^a 2冲程发动机 ^b
2537-00 ^b	41				

根据设备定制粉末

www.hoganasthermalspray.com

Power of Powder®

金属粉末科技开启了很多新机遇。我们可以利用金属粉末的特性根据您的需求定制解决方案。这就是我们提出的“粉末的力量”，一个持续拓展金属粉末应用领域的理念。作为金属粉末科技领域的领导者，赫格纳斯是您的最佳应用项目合作伙伴，帮助您开拓新的机遇。粉末的力量应用远不局限于在汽车零件生产领域的传统应用。应用于食品强化的铁粉可降低贫血病的发生率。镍基粉末是增强阀门涂层耐磨损性能的至关重要的因素。特别合成的铁粉为高温钎焊提供了新的解决方案。具有三维磁通量的软磁材料为电动马达的创新开辟了新的途径。事实上金属粉末科技创造的可能性是无止境的。欲体验粉末力量的应用，敬请联系赫格纳斯。



www.hoganasthermalspray.com | www.hoganas.com/china

- Sweden** Höganäs AB
Höganäs
Phone +46 42 33 80 00
info@hoganas.com
- Brazil** Höganäs Brasil Ltda
Mogi das Cruzes
Phone +55 11 4793 7711
brazil@hoganas.com
- China** Höganäs (China) Co. Ltd
Shanghai
Phone +86 21 670 010 00
china@hoganas.com
- France** Höganäs France S.A.S.
Villefranche-sur-Saône Cedex
Phone +33 474 02 97 50
france@hoganas.com
- Germany** Höganäs GmbH
Düsseldorf
Phone +49 211 99 17 80
germany@hoganas.com
- India** Höganäs India Pvt Ltd
Pune
Phone +91 20 66 03 01 71
india@hoganas.com
- Italy** Höganäs Italia S.r.l.
Rapallo (Genoa)
Phone +39 0185 23 00 33
italy@hoganas.com
- Japan** Höganäs Japan K.K.
Tokyo
Phone +81 3 3582 8280
japan@hoganas.com
- Rep. of Korea** Höganäs Korea Ltd
Seoul
Phone +82 2 511 43 44
korea@hoganas.com
- Russia** Höganäs East Europe LLC
Saint Petersburg
Phone +7 812 334 25 42
russia@hoganas.com
- Spain** Höganäs Ibérica S.A.
Madrid
Phone +34 91 708 05 95
spain@hoganas.com
- Taiwan** Höganäs Taiwan Ltd
Taipei
Phone +886 2 2543 1618
taiwan@hoganas.com
- United Kingdom** Höganäs (Great Britain) Ltd
Tonbridge, Kent
Phone +44 1732 377 726
uk@hoganas.com
- United States** North American Höganäs, Inc.
Hollsopple: PA
Phone +1 814 479 3500
info@nah.com

赫格纳斯 (中国) 有限公司
上海
电话 +86 21 670 010 00
china@hoganas.com