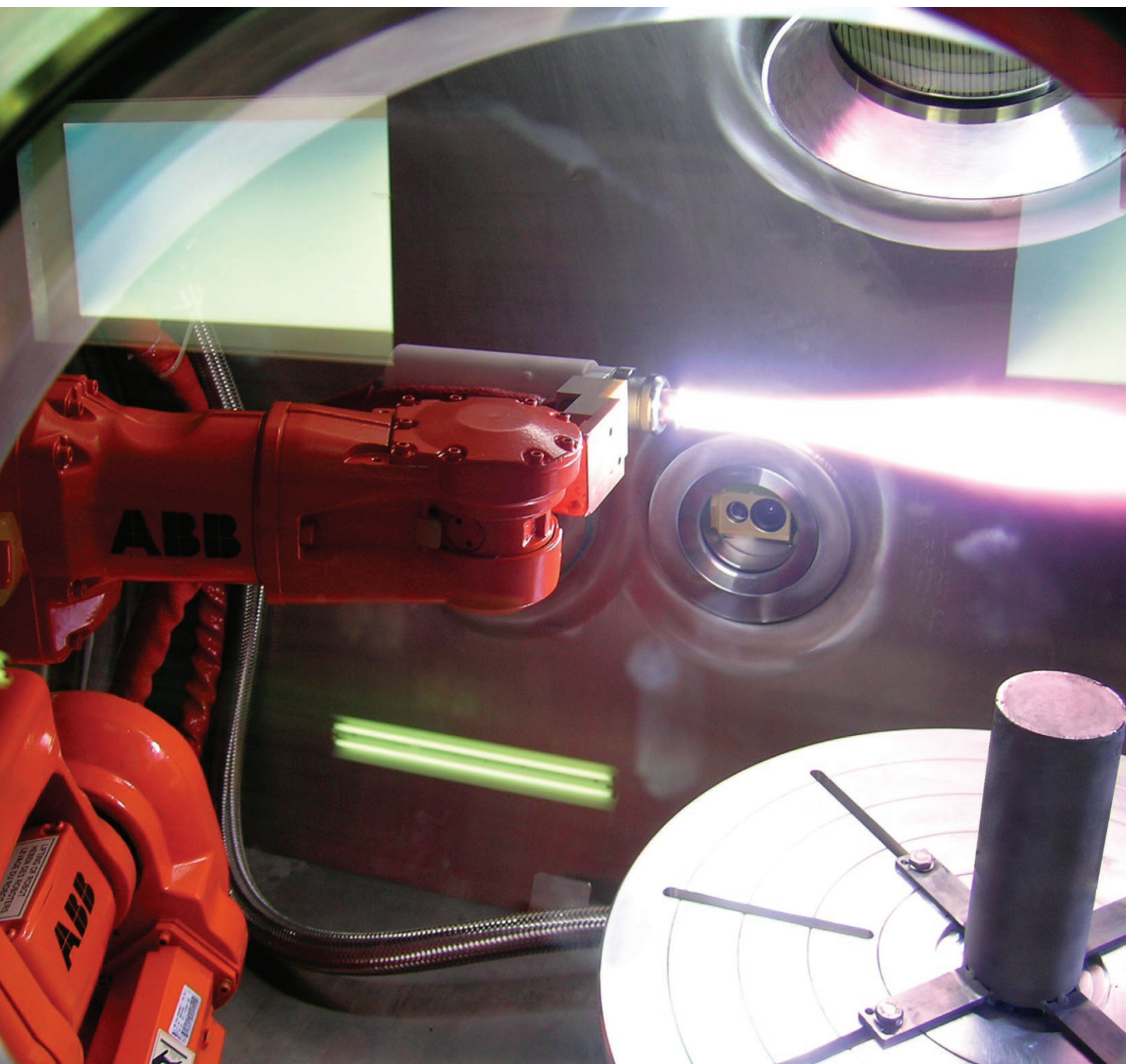


解决方案简讯

实时传感器技术改善工艺控制，同时节省时间和成本

SF-0001.5 – 2022年06月



现在所面临的状况

就像许多工业生产过程一样，热喷涂工艺的控制不断改进，以提高结果的可预测性和可重复性。材料的化学性质和颗粒尺寸需要严格控制。喷涂设备越来越先进可靠，减少了工艺波动，提高了效率。涂层加工之后的表征方法被更好的理解并更广泛地利用。

然而，作为生产过程的一部分，热喷涂结尾的‘黑盒子’（发生在喷射焰流中）却不是很容易监测和分析。热喷涂涂层的

质量控制通常本身就具有破坏性，需要将试样或测试部件在生产过程中进行常规喷涂。这些测试件经过生产后检查，被用于确定整个喷涂运行是否符合所要求的规范。失败意味着大量的返工或报废，更不用说损失宝贵的生产时间和材料。

欧瑞康美科解决方案

现在，可使用实时传感器技术对热喷涂焰流进行诊断。通过早期在生产中集成喷涂焰流监测和控制，可提高工艺可靠性，减少加工时间和加工成本。

什么是在线传感器技术？

实时传感器技术使用光学器件和复杂的计算机算法对热喷涂焰流进行持续监测和表征，并提供实时反馈。

欧瑞康美科和我们的技术合作伙伴Tecnar Automation Ltd. 通过进行下列测量，提供可对喷涂焰流进行全部表征的服务包：

- 平均颗粒速度和温度
- 喷涂焰流强度、位置和形状
- 基体温度（可选）

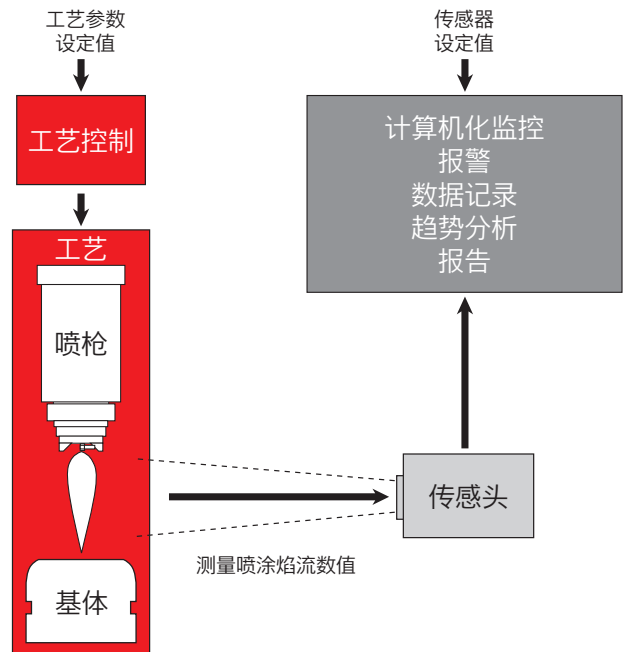
在喷涂过程中，高灵敏度传感器持续实时采集数据，并通过PC进行数据处理。数据实时显示并记录为格式，方便导入进行进一步离线分析。操作者可调整所有参数的最大值和最小值，并且具有超限报警功能。。

Tecnar Accuraspray-4.0

Tecnar Automation Ltd.的Accuraspray-4.0可精准地对热喷涂火焰进行实时监测和表征。系统可测量：

- 颗粒速度和温度
- 喷涂焰流形状和位置
- 基体温度（可选）

Accuraspray-4.0可在发生所有超出预先设定工艺限值的情况时通知操作者，并可提供包括数据记录和趋势分析的喷涂运行报告。



实时传感器技术



Tecnar Accuraspray-4.0系统，带传感头

解决方案描述和认证

针对可磨耗涂层实时传感器控制的演示示范

可磨耗涂层间隙控制的应用为证实实时传感器技术的优点提供了一个很好的范例：

- 可磨耗涂层通常应用于较厚的大尺寸部件，每个部件所需的喷涂时间为1个小时或更多。
- 涂层加工之后的质量评估深入细致。除金相评价外，还进行涂层硬度、结合强度和抗腐蚀测试。
- 涂层硬度和抗腐蚀性与其可磨耗性成反比。针对特定服务要求对所需性能进行优化。
- 在使用大量喷涂材料并且长时间喷涂时，沉积效率是可磨耗涂层的关键性能。因此，优化的喷涂参数特别引人注意。

对于此案例，通过使用火焰粉末喷涂工艺制备Metco 301NS可磨耗材料的方式，来证明充足利用实时传感器技术的优点。

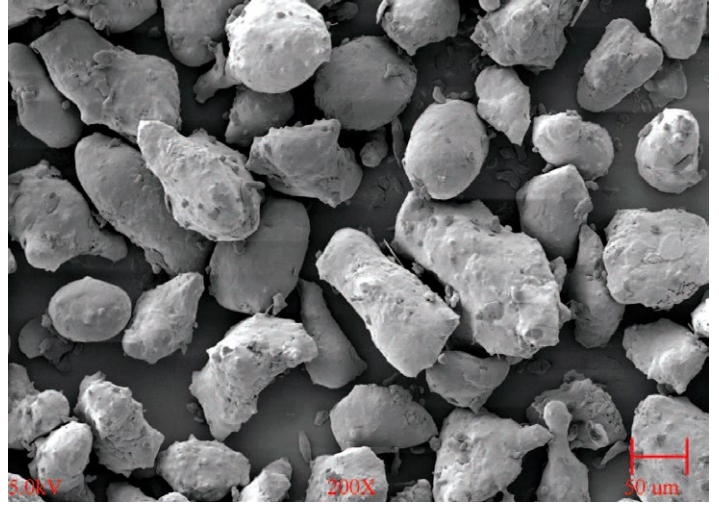
喷涂工艺信息 (供参考)

喷涂材料	Metco 301NS, 一种NiCrFeAlBN 可磨耗喷涂材料, 用于涡轮发动机间隙控制应用
喷涂工艺	火焰粉末喷涂, 是制备这种可磨耗材料的标准工艺
喷枪	Metco 6P-II
工艺气体	氢气/氧气
传感器控制包	Tecnar Accuraspray-4.0

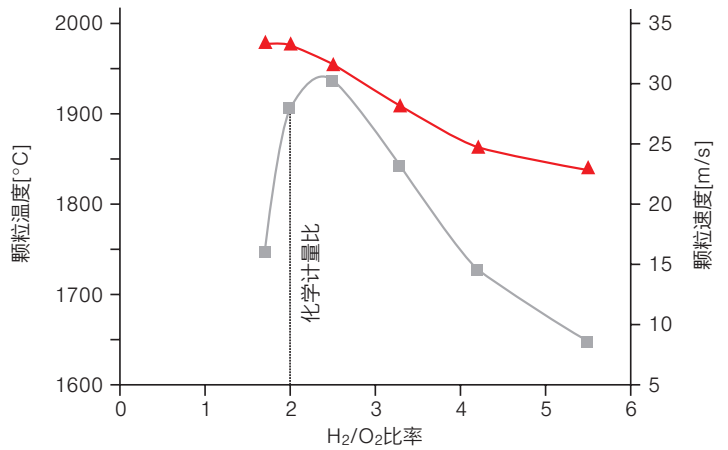
颗粒温度和速度受氢气/氧气比率的影响

为了确保工艺稳定性，工艺参数范围不在较小工艺变化就会引起较大涂层变化的区域内是很重要的。

使用实时传感器技术可以研究不同的氢气/氧气比率。对于Metco 301NS，这种研究表明颗粒温度在低氢气/氧气比率下降很快。因此，在这种情况下，应使用高比率。



Metco 301NS可磨耗复合粉末



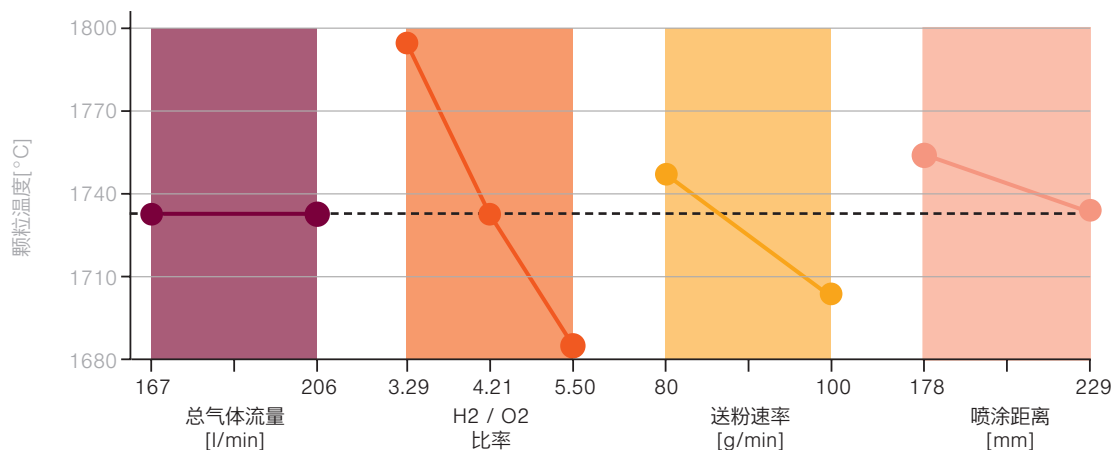
实时传感器技术初始用于确定工艺限值的较稳定区域。在此案例中，它表明应使用高氢气/氧气比。

参数对于颗粒温度和颗粒速度的影响

使用实时传感器技术可以确定各喷涂工艺参数的变化对喷涂焰流颗粒温度和速度的影响情况。在火焰粉末喷涂工艺中，经常发生变化的参数有：

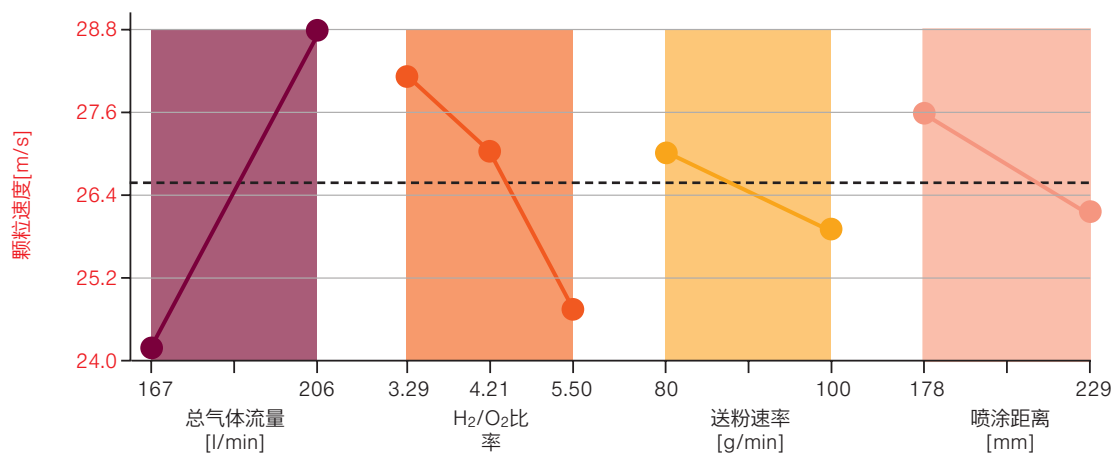
- 总气体流量
- 燃气/氧气比率（使用预先确定的富混合物）
- 送粉速率
- 喷涂距离

影响颗粒温度的因素



总气体流量	无影响。
氢气/氧气比率	强烈影响。其比例接近化学计量成分时达到最高颗粒温度
送粉速率	中等影响。颗粒越多消耗的热量越多，平均颗粒温度就越低。
喷涂距离	中等影响。随着喷枪到工件距离的增加，颗粒在与基体碰撞时温度降低。

影响颗粒速度的因素



总气体流量	强烈影响。流量和颗粒速度与总气体流量成正比。
氢气/氧气比率	强烈影响。其比例接近化学计量成分时达到最高颗粒速度。
送粉速率	中等影响。
喷涂距离	中等影响。随着喷枪到工件距离的增加，颗粒在与基体碰撞时速度降低。

与涂层质量检验的关系

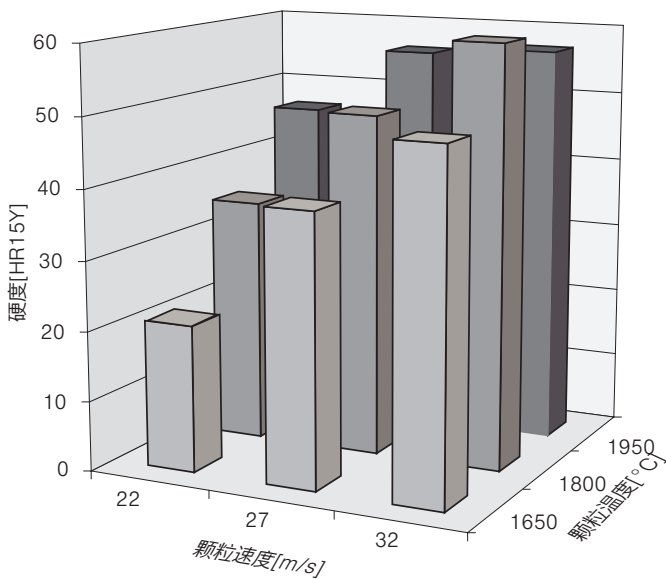
一旦了解涂层参数如何影响喷涂焰流，就可以进行样品喷涂，同时收集喷涂焰流数据。然后对这些样品进行标准质量测试。将测试的结果与喷射焰流数据相关联，从而确定一个用于喷涂生产的喷涂限值。

在生产中，实时传感器技术将监测工艺在喷涂焰流情况超出所确定的限值时通知操作者，允许操作者在喷涂完成之前采取适当措施。

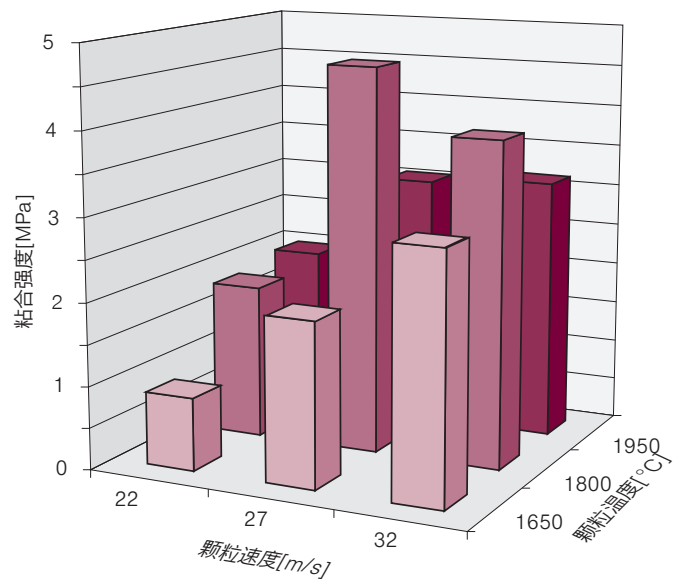
对于此处所述的可磨损涂层测试案例，喷涂速率和距离（仅对焰流有中等影响）保持不变，同时变化气体流量。

光学传感器技术与选择合适的测试相结合可提供喷涂工艺表征数据，如下列图表所示：

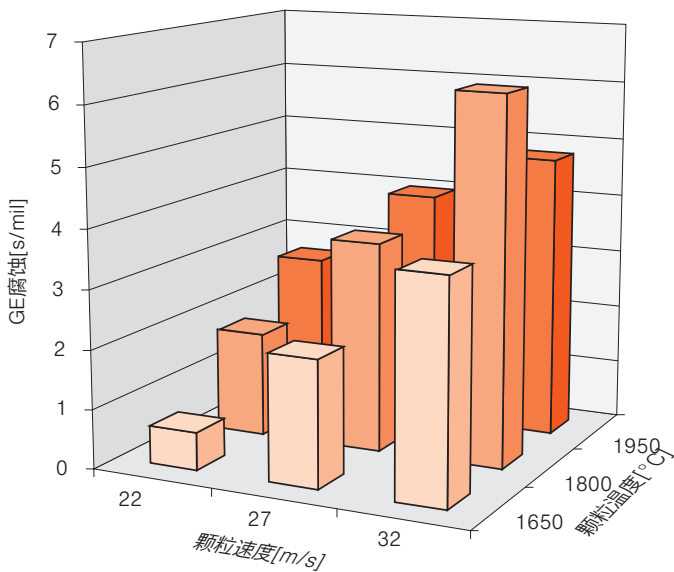
涂层硬度



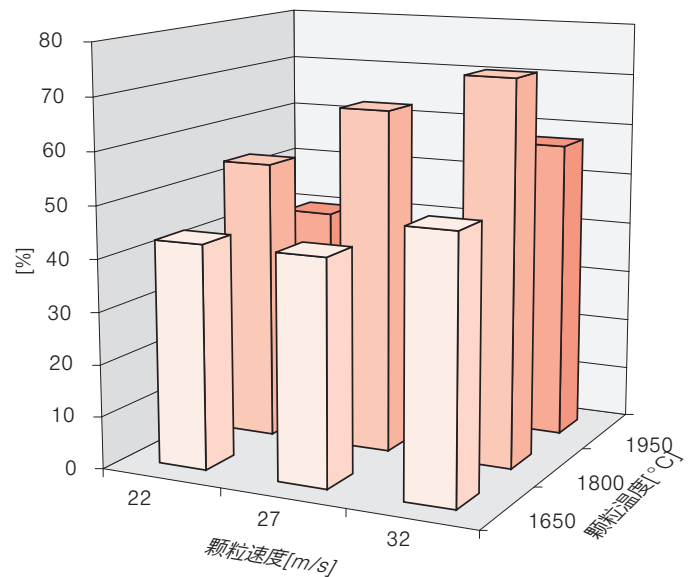
涂层凝聚强度



涂层耐腐蚀性



材料沉积效率



注意：所述所有数据仅用作示例。根据所喷涂的实际零件、设备设置、粉末批次以及实际喷涂条件不同，客户自己的传感器数据和涂层结果会有所不同。

客户利益

生产效益

- 可在生产过程早期解决潜在问题。
- 可开发出优化的喷涂参数，从而减少材料成本、备件和生产时间。
- 减少喷枪耗材磨损、气体变化等引起的工艺偏移，从而提高工艺可重复性。
- 可高效管理喷涂房到喷涂房或工厂到工厂之间的喷涂工艺转移。
- 简单合理地对喷涂材料不同批次的差异进行参数调整。
- 可显著减少成本高昂的返工和报废。

质量控制优势

- 与其它质量测试很好地关联，可减少质量控制测试的数量和频率。
- 喷涂过程可追踪性提高。
- 通过将喷涂服务数据与喷涂焰流数据相关联，提高涂层的使用可靠性。

环境优势

- 更快开发新喷涂参数。
- 参数优化提高喷涂速率和沉积效率。
- 加快新粉末批次的认证。