



激光技术助力汽车轻量化制造

通快（中国）有限公司

主要内容

- ❖ 激光在新能源汽车“三电”中的应用
- ❖ 激光技术在汽车轻量化制造中的应用趋势
- ❖ 通快公司简介

主要内容

❖ 激光在新能源汽车“三电”中的应用

- 驱动电机和电控中的应用
- 动力电池中的应用

❖ 激光技术在汽车轻量化制造中的应用

- 激光加工热成型钢
- 激光加工铝合金
- 激光加工异种材料

❖ 通快公司简介

为什么选择激光技术

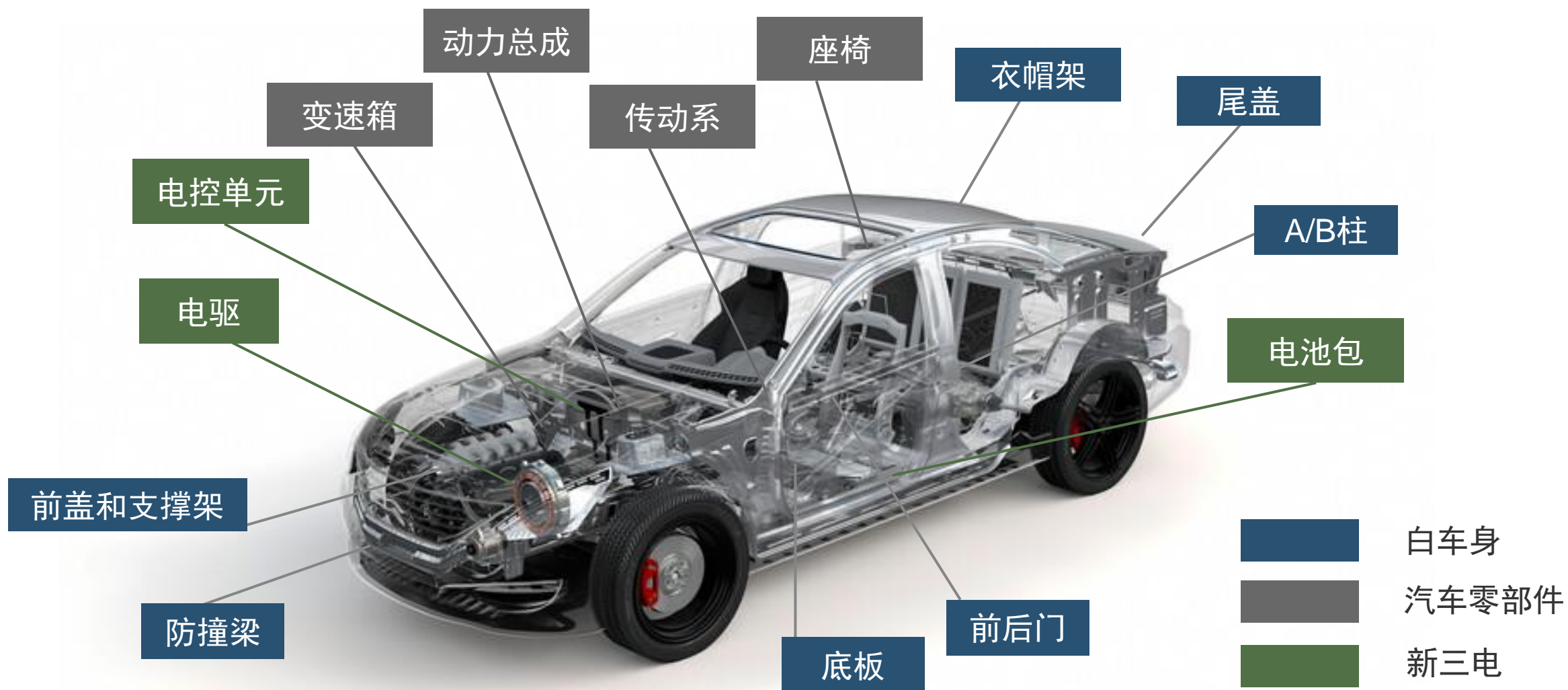
激光焊接的优势



优势

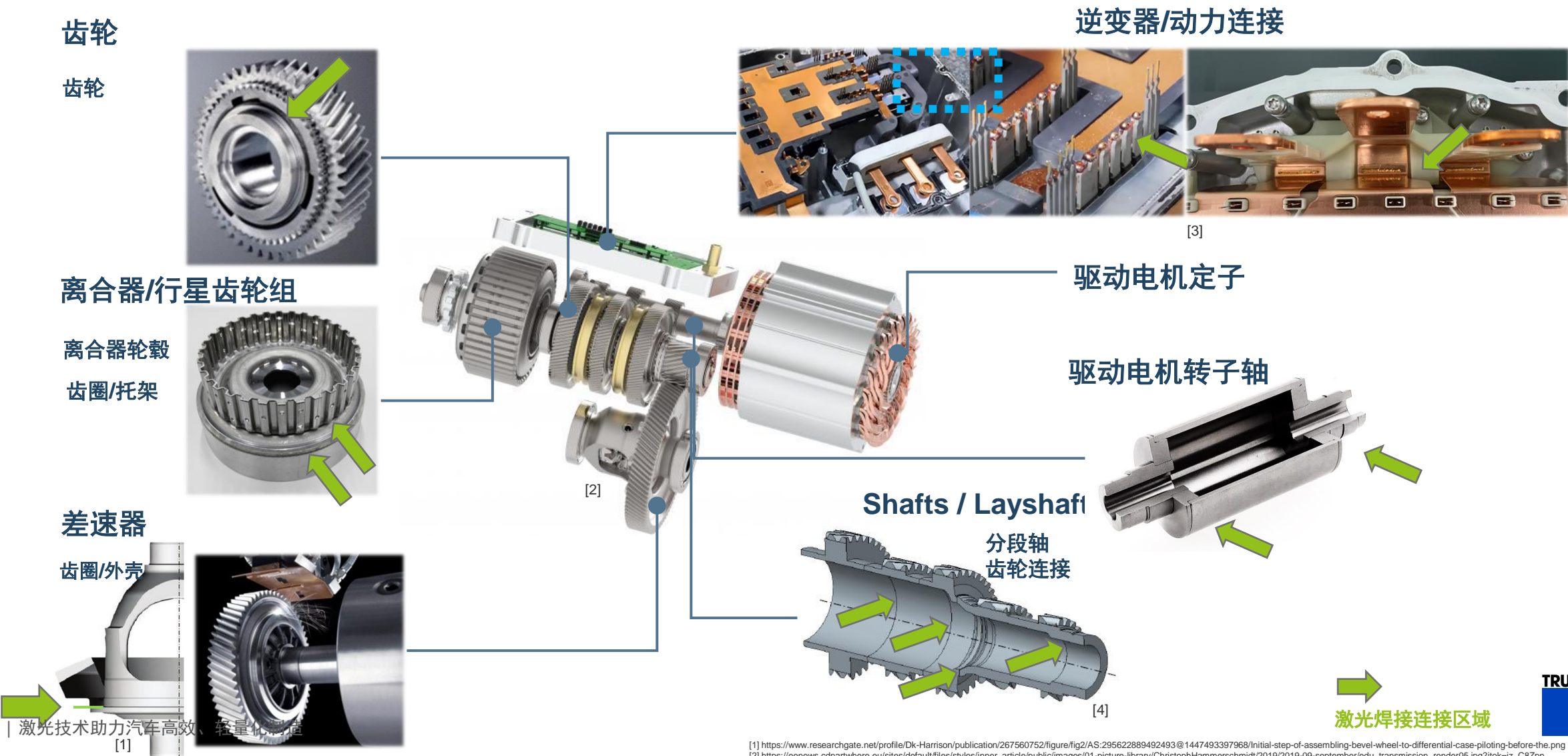
- 非接触式的焊接方式
- 焊接光斑小，焊缝更加精细
- 热输入量小，热形变小
- 焊接速度快
- 生产成本低
- 自动化程度更高
- 便于集成视觉检测和质量检测

激光技术在汽车制造中的部分典型应用区域



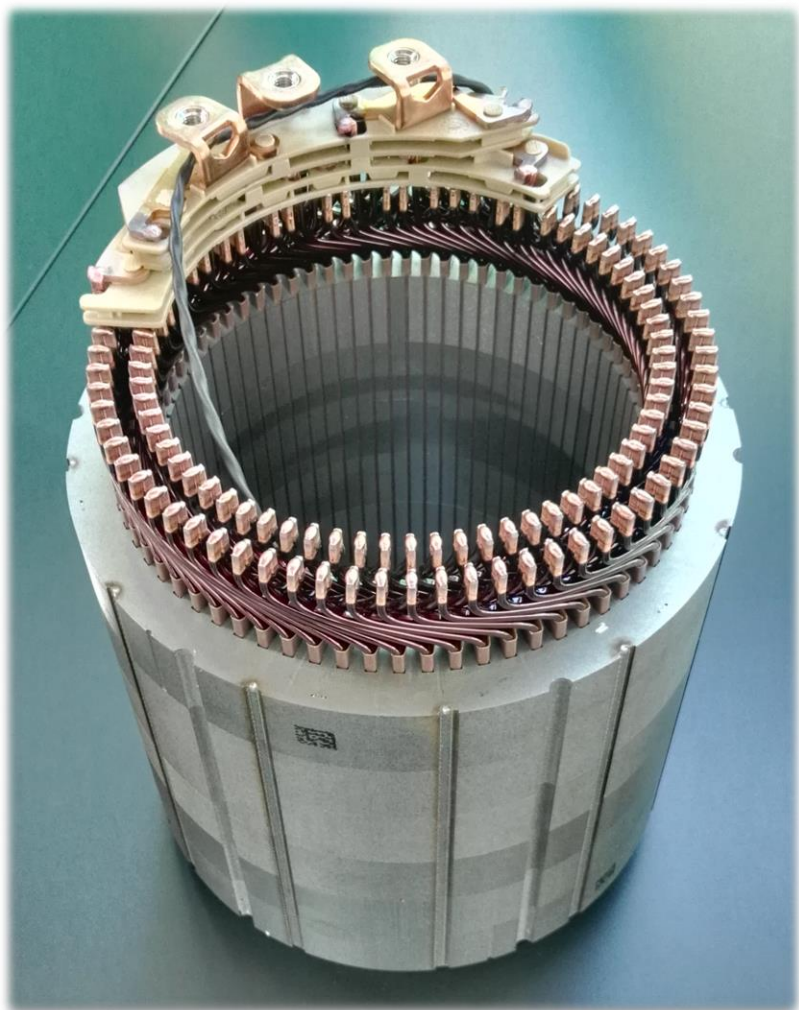
激光在电驱动系统中的主要应用

激光涵盖了广泛的应用和材料



激光在电驱动系统中的主要应用

激光在驱动电机定子中的应用

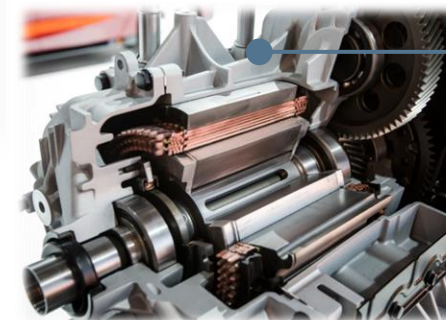


扁铜线连接

扁线焊接
扁线去漆

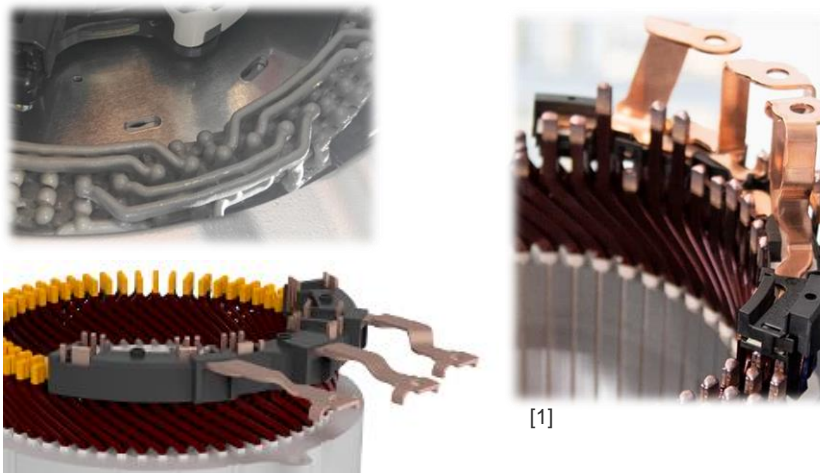


驱动电机壳体



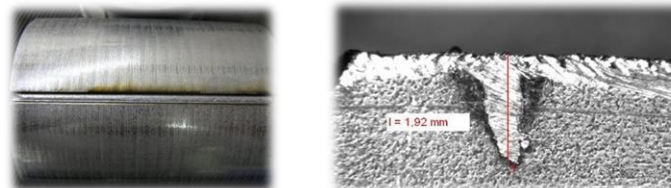
立管的切除
激光清洗壳体
壳体打标

相电动力连接/busbar



广泛的连接设计
点对点
轨道系统

硅钢片

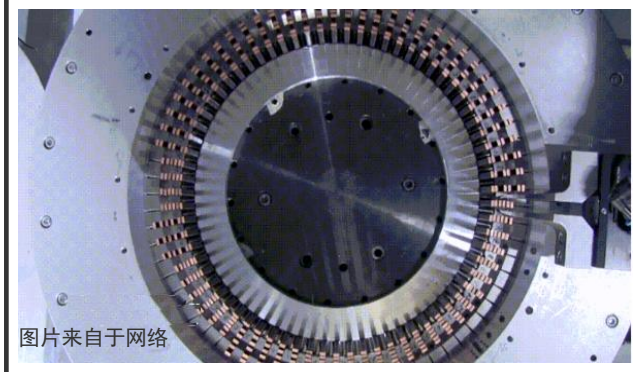
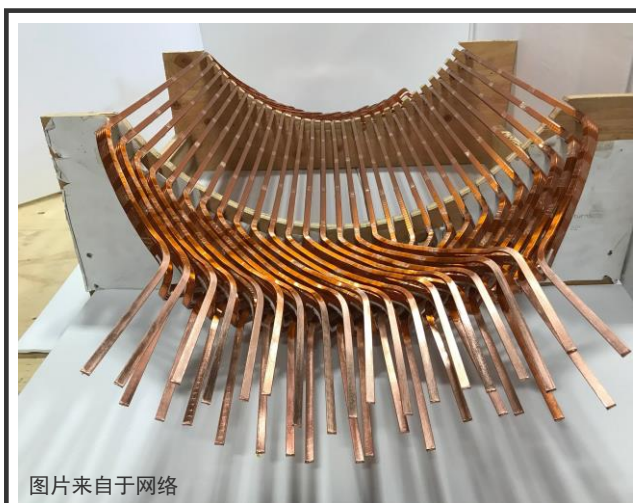


- 1.激光焊前：扁线图像处理
- 2.激光焊接：亮面焊接

激光在驱动电机定子扁铜线中的应用

VisionLine 图像处理，提高对于扁线位置的定位质量

通快解决方案

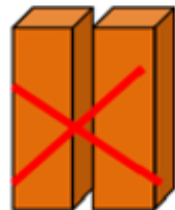


扁铜线焊接前状态

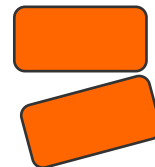
典型的组装失调



间隙



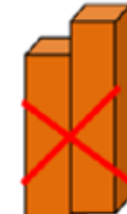
角度



偏移量



高度差



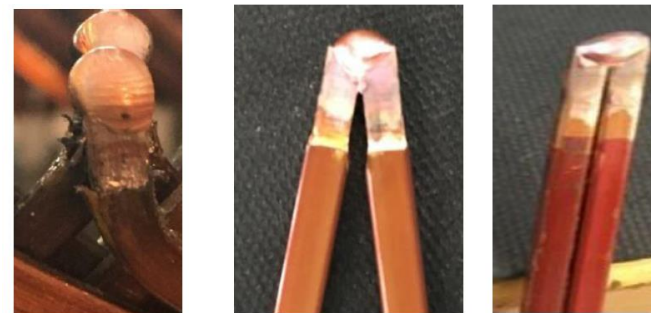
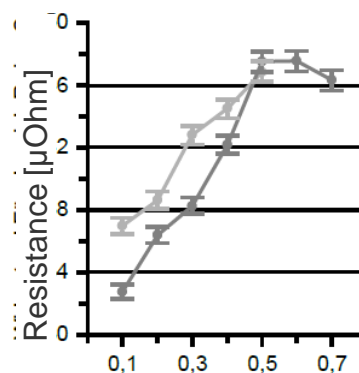
TRUMPF 建议容差范围： <math><0,2 \text{ mm}</math>

<math><0.3^\circ</math>

<math><20\%</math>

<math><0,5 \text{ mm}</math>

差的焊接结果

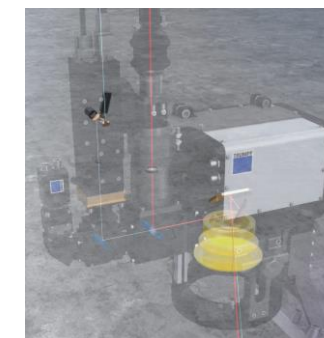


Gapsize [mm]

Source: Gläßel, T.: Prozessketten zum Laserstrahlschweißen von flachleiterbasierten Formspulenwicklungen für automobile Traktionsantriebe, FAPS, 2020



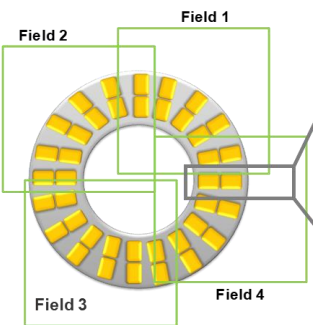
VisionLine Detect



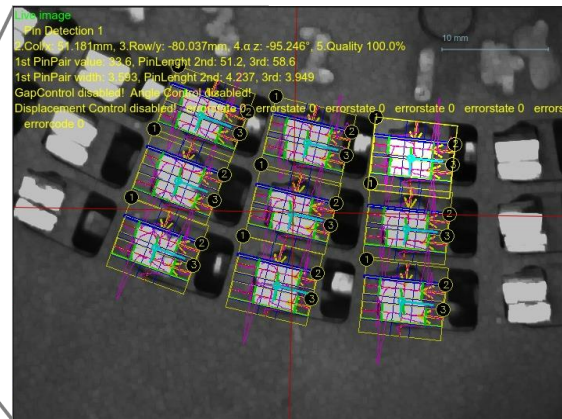
VisionLine OCT Detect

激光在驱动电机定子扁铜线中的应用

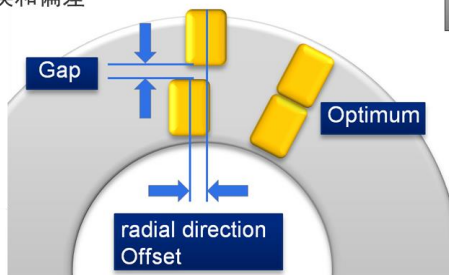
VisionLine 图像处理解决多种应用挑战



单次测量信息

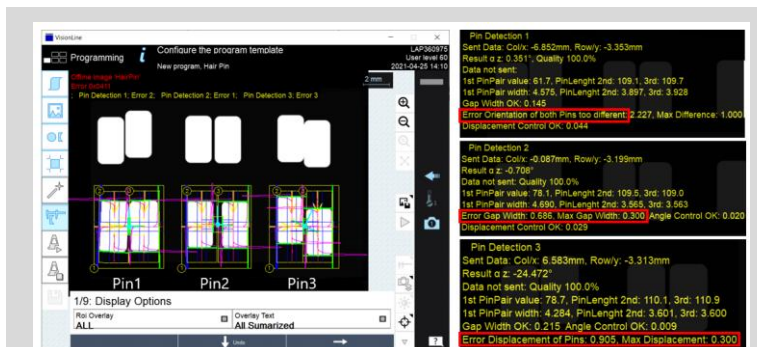


可能的错误和偏差

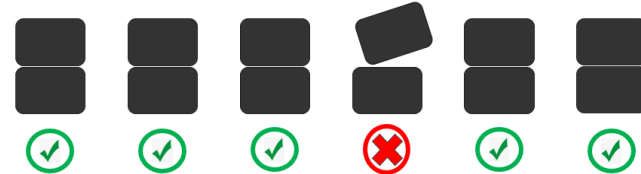


测量区域 N (M对扁线) → 存储位置信息 → 激光焊接

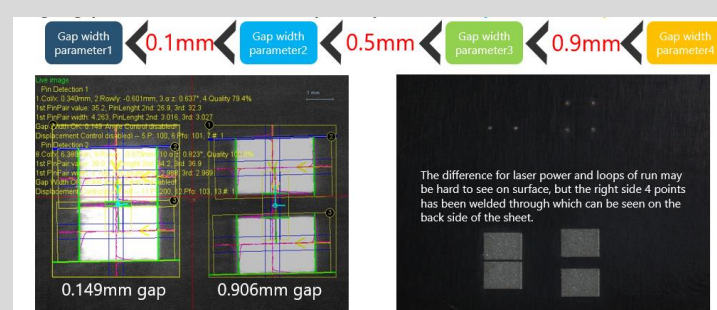
一定范围内的间隙和位置偏差通过与生产厂商一起探讨来确定，实现满足要求的焊接结果。



检测信息输出



Hairpin 焊点跳过

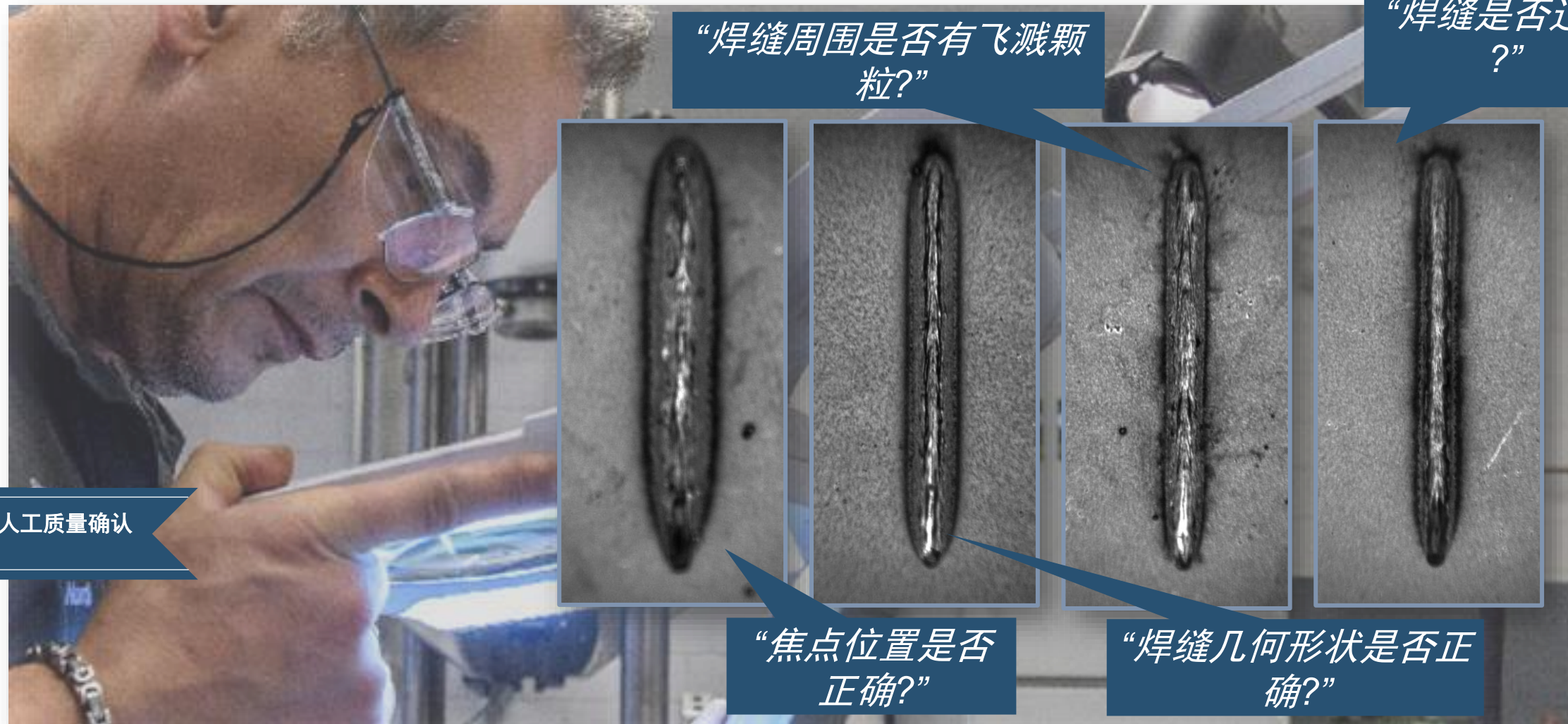


间隙工艺补偿



生产中出现的新的挑战

产线中激光焊接前后的质量评估



人工质量确认

“焊缝周围是否有飞溅颗粒?”

“焊缝是否过宽?”

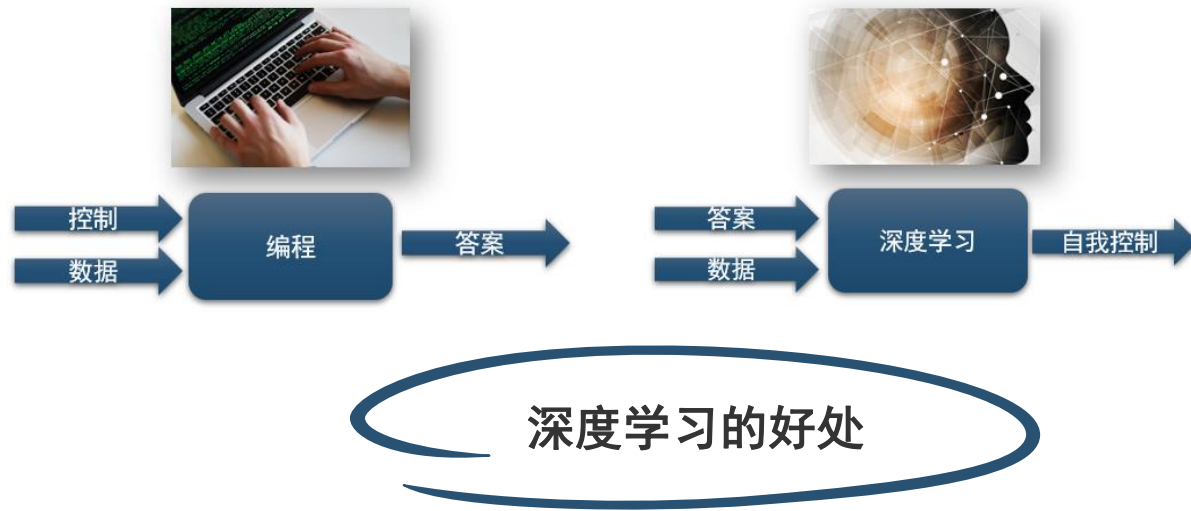
“焦点位置是否正确?”

“焊缝几何形状是否正确?”



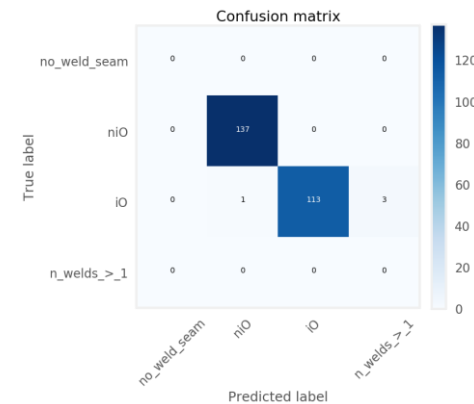
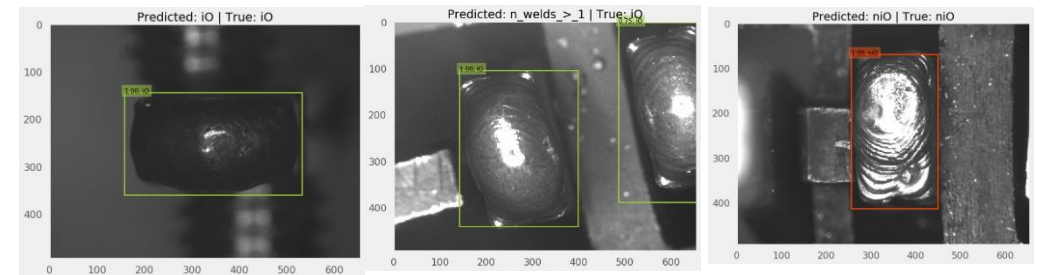
通快VisionLine 和人工智能技术相结合的创新方案

采用深度学习的新视觉检测方案



- 无需专家手动编程
- 算法独立学习相关特征
- 训练数据量可控
- 硬件要求降低（例如 GPU）
- 模型变得更易于理解和解释

应用案例：



Accuracy: 99,6%

Precision: 100%

Sensitivity: 99,1%

F1-Score: 99,56%

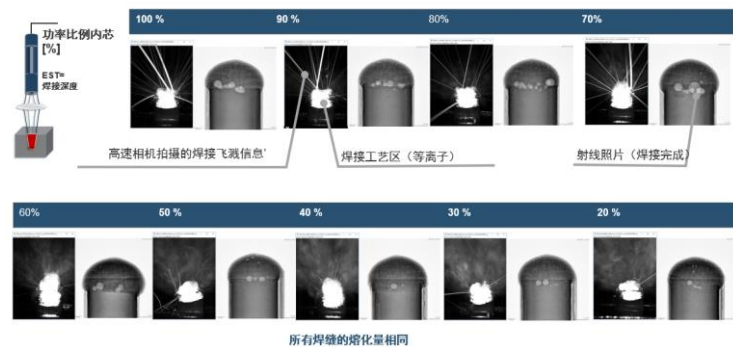
激光在驱动电机定子扁铜线中的应用

环芯光斑可调技术是扁铜线焊接的最佳方案

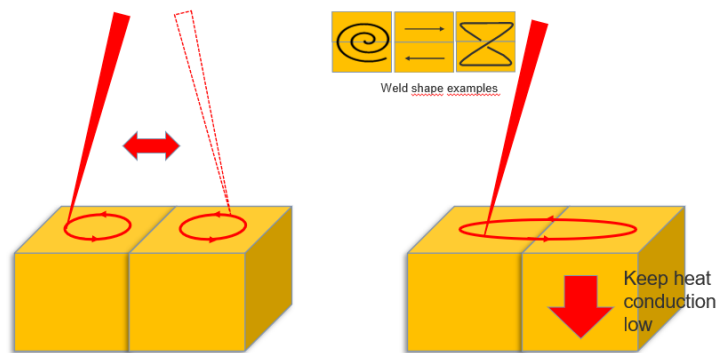
环芯光斑可调技术的焊接优势

显著减少焊接飞溅和气孔

Patent protected



基础理论分析

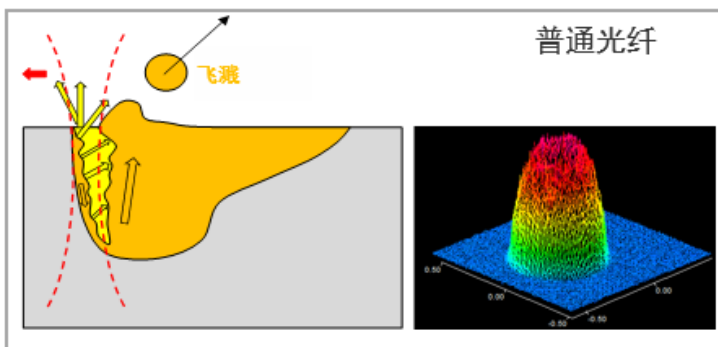


工艺方式优化

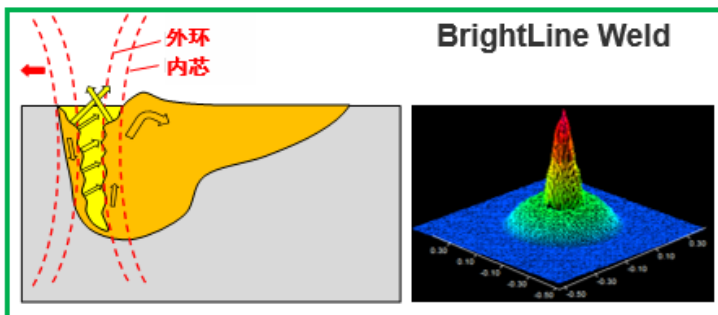


激光在驱动电机定子扁铜线中的应用

环芯光斑可调技术



↓
BrightLine Weld: 极其准确的设定环形光束位置



升级方便

- 现场可以快速改造成BrightLine weld 功能
- 单一激光器支持高达5光路改造
- 对于被反射光具有极高的稳定性
- 光纤插拔实现最大化的生产效率



设定能量分布便捷

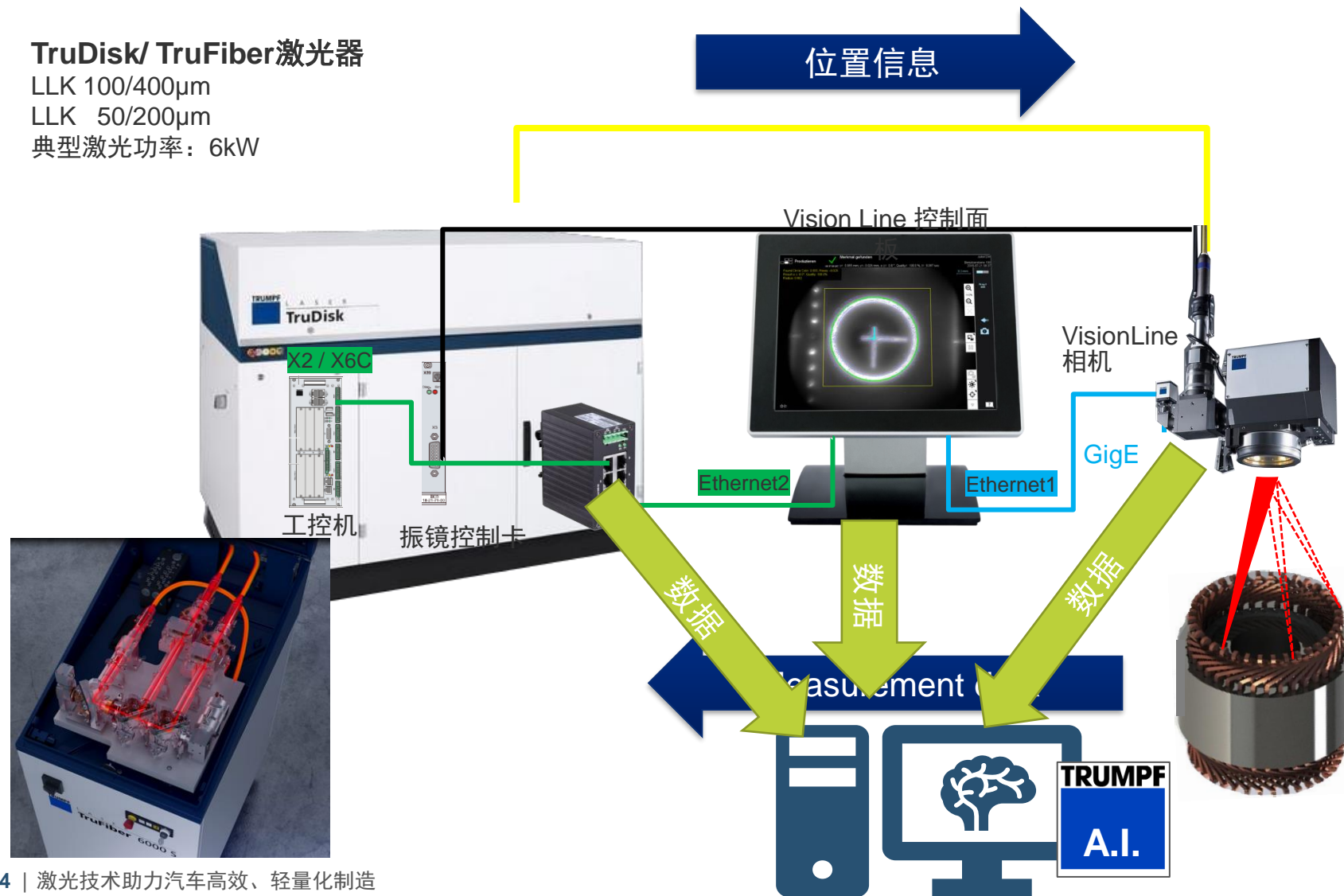
- 可以通过激光器软件或者是现场总线设定功率分布
- 光纤内芯或者是环可以实现满功率输出
- 光纤内芯可以设定从10% 到 90%的激光满功率，外环则相反，设定精度为1%
- 一个激光光路实现3种应用

激光在驱动电机定子扁铜线中的应用

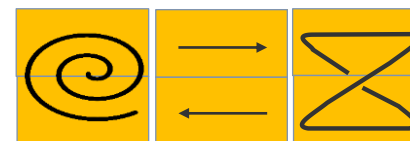
最优异的焊接方案

TruDisk/ TruFiber激光器

LLK 100/400μm
LLK 50/200μm
典型激光功率：6kW



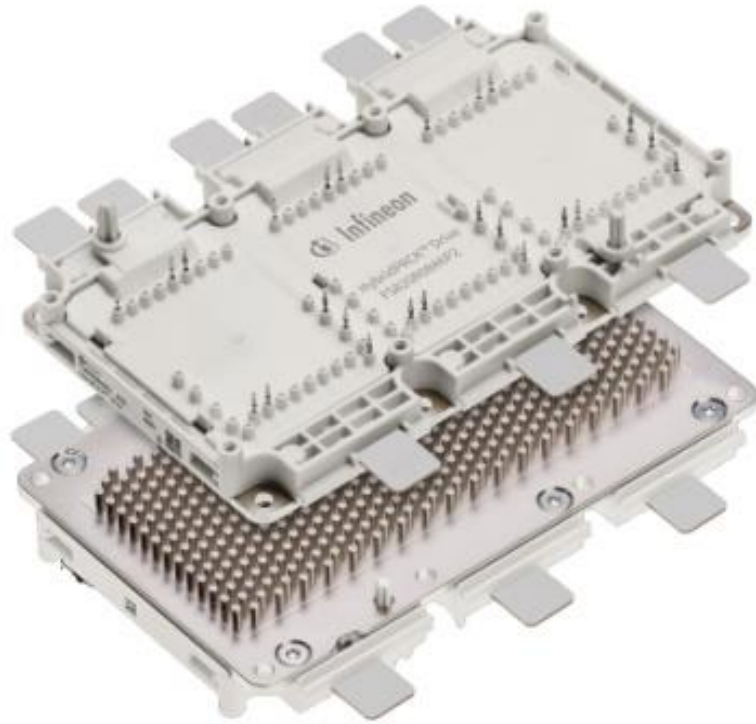
- 激光器具有闭环功率控制，保证长时间激光输出功率稳定在±1%内，无需定期调整
- 基于图像处理的100%闭环位置控制
- 灵活的编程方案（示教和焊接图形）



焊接图形示例

- 无需专业激光知识即可上手操作
- 成熟的激光器光学平台管理允许一台设备用于多个工作站

激光焊接电控中的电接触片



IGBT – module (source: Infineon)



焊接接面图
典型材料厚度：0.5- 2mm
材料类型：ETP

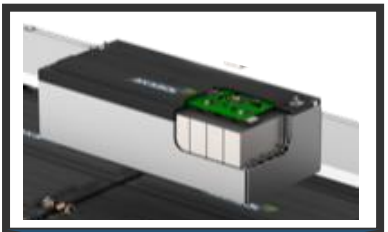


激光已经成为电池制造中的重要工具

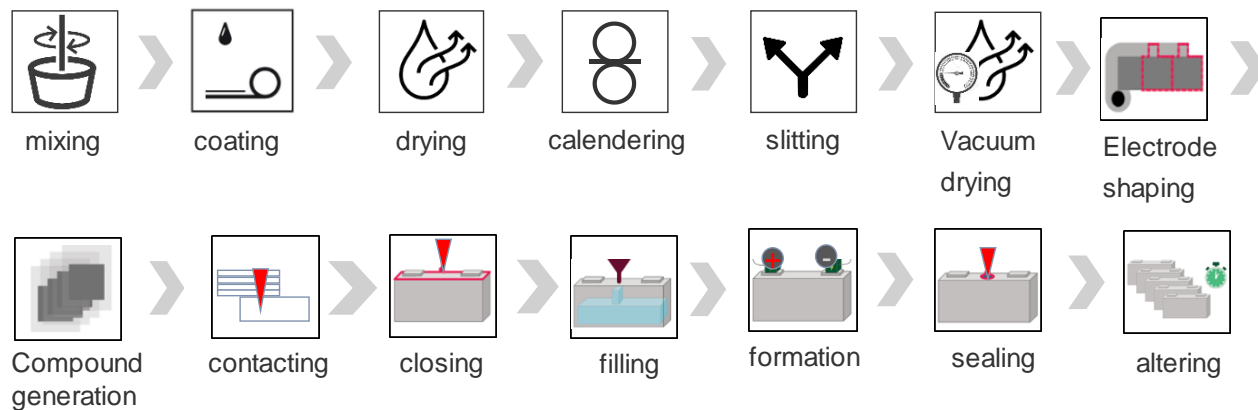
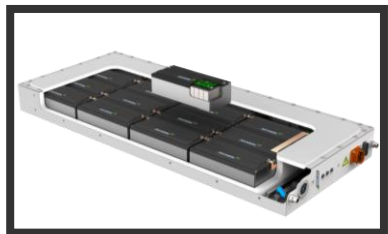
电芯



模组



电池托盘



激光应用

成熟应用

- 打标
- 切割
- 焊接

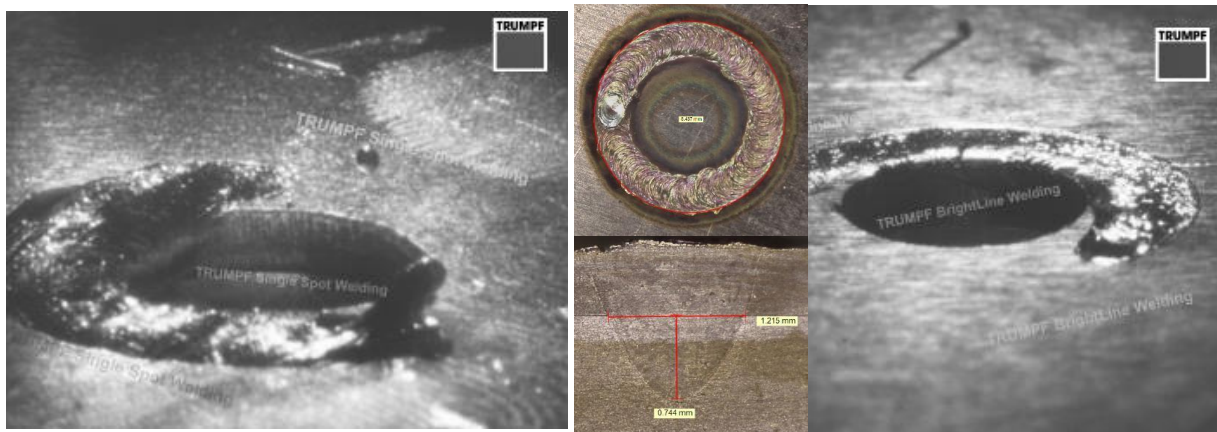
新应用

- 预成型
- 结构化
- 干燥
- 钻孔

- 模组的制造 (连接片、盖壳焊接)
- 热管理和防护
- 电池盒 (结构件焊接)

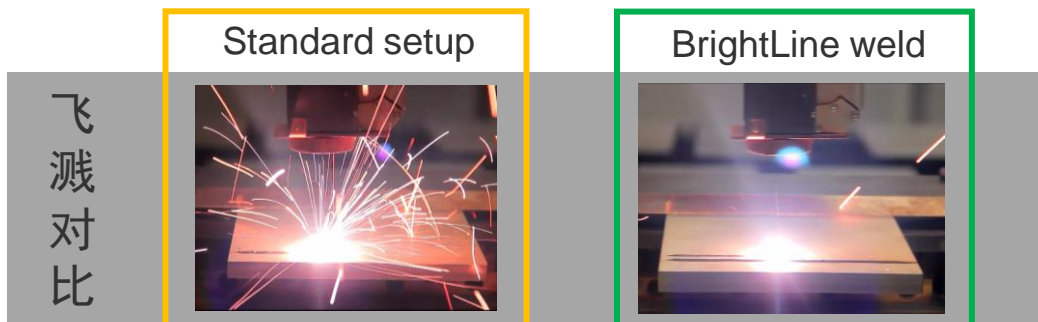
电池模组解决方案

方壳电池Busbar



焊缝成型极其美观，平滑

	通快激光BLW	优势
产量	600	更高的产能
良率	>98%	更高的良率
焊接功率	< 5kW	较低的功率
焊接速度	100mm/s	高速焊接
熔深	1.3mm	更深的熔深
裂纹	几乎无裂纹	友商裂纹率大于50%
表面成型	极其光滑	焊接效果更稳定
飞溅	小于100μm, 飞溅是友商的1/3	



飞溅对比

Standard setup

BrightLine weld

实时焊接熔深监控 Visionline OCT Check

OCT 传感器



平板电脑



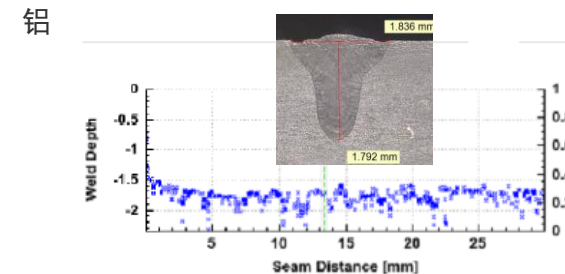
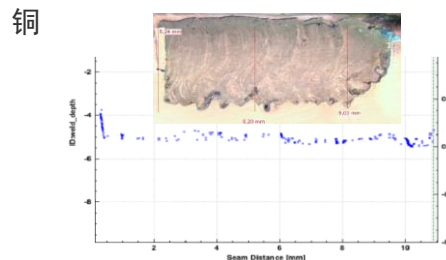
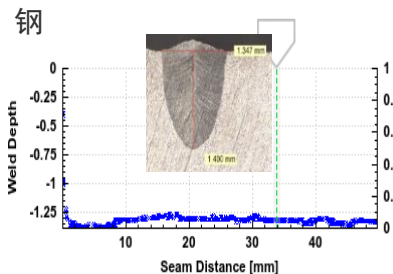
OCT 控制柜



- OCT采样频率从70kHz 提高到250kHz，采样速度更快
- 通过通快软件实现焊接过程的编程和检测
- 已经在铜、铝合金激光深熔焊接中积累了大量经验、数据
- 与通快PFO振镜实现完美的匹配

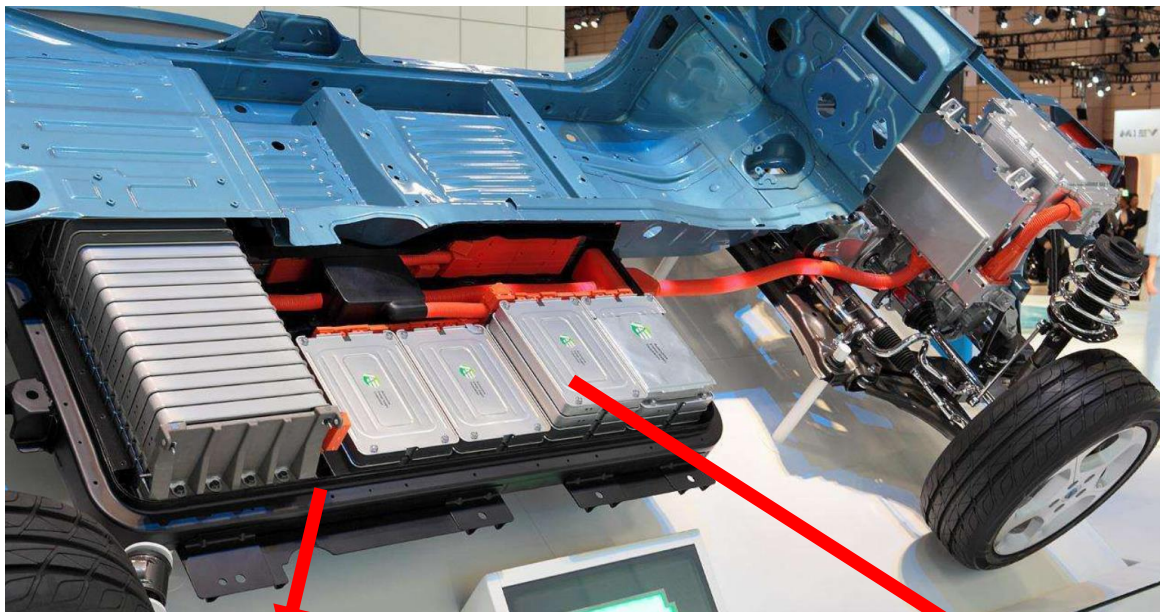
欢迎提供采用深熔焊应用的样件进行评估测试！

部分测试数据与剖面测量数据对比：



电池盒结构件焊接解决方案

使用高功率脉冲激光器对表面进行清洁/纹理化

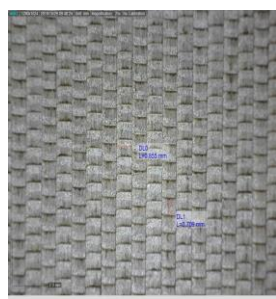


TruMicro 70x0 +PFO 20/33 方案优势

- 激光平均功率高达**2kW**，单脉冲能量达**100mJ**
- 激光器可以支持**50%、33%或者是25%**的分能方式，清洗效率高
- 激光器可以搭配多种PFO振镜配置，实现定制化的清洗区域
- 非接触式清洗



托盘和安装孔清洗/去涂层 (>10 cm²/s)

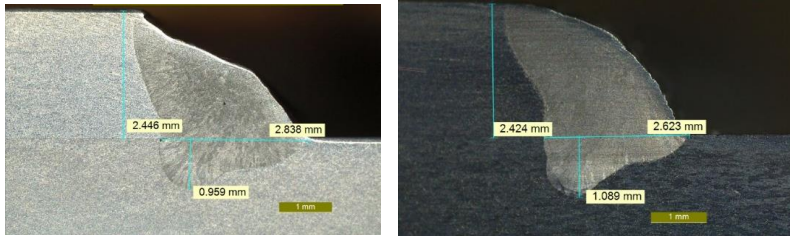


电芯表面清洗/结构化 (> 25 cm²/s)

电池盒结构件焊接解决方案

多种焊接形式满足不同的焊接熔深和外观要求

激光深熔焊接（采用OCT焊缝跟踪技术）



TruDisk 6001+PFO 3D 450

速度：4m/min

速度：4m/min

焊接形式：zigzag

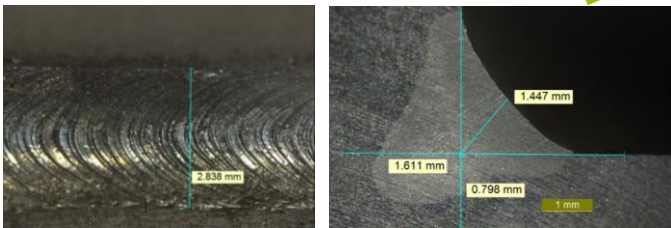
焊接形式：zigzag

LLK 100/400 50%core

LLK 200



激光填丝焊接

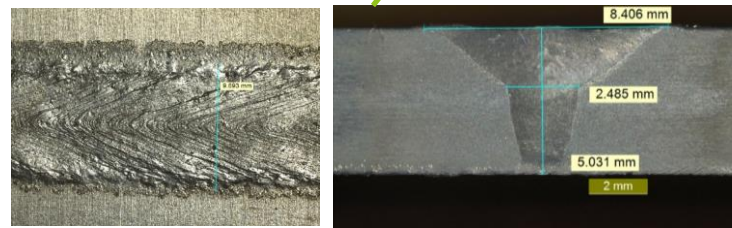


TruDisk 4001+LLK 400+MSO F200

速度：3m/min

焊丝：Al5183，1mm焊丝直径

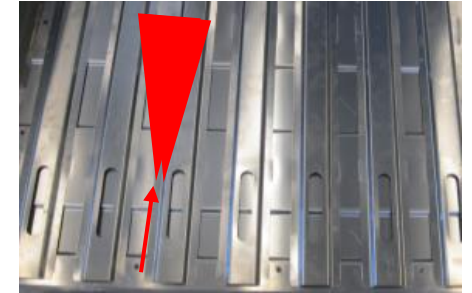
激光复合焊接



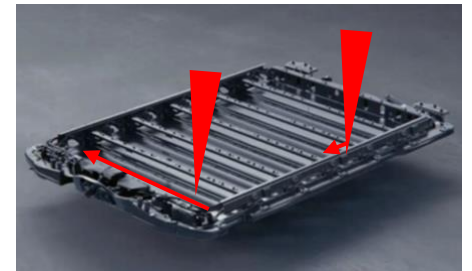
TruDisk 5001+LLK 300+Fronius H90（伏能士）

速度：1.8m/min

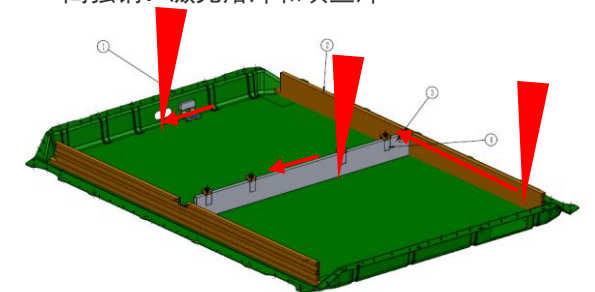
焊丝：Al5187，1.2mm焊丝直径



铝合金：激光熔焊



高强钢：激光熔焊和填丝焊



钢：激光熔焊和填丝焊

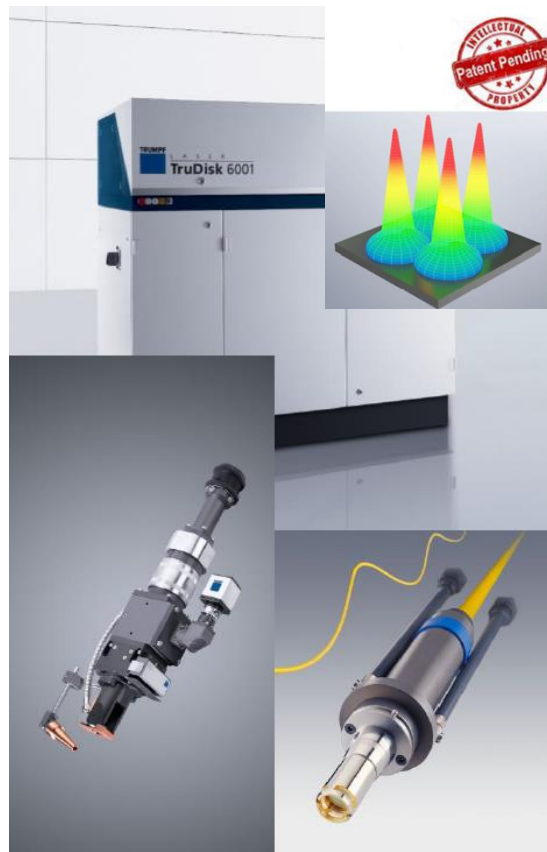
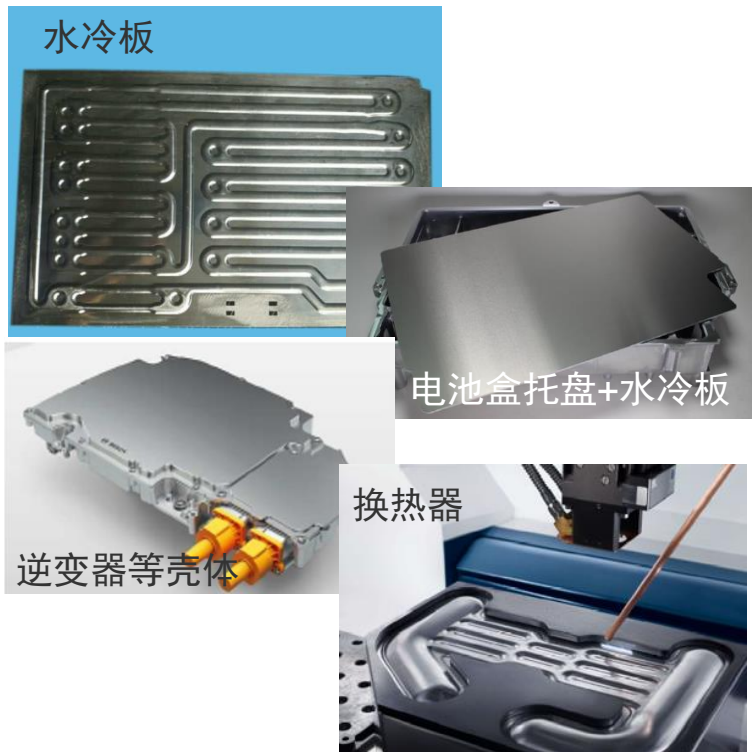
电池盒结构件焊接解决方案：水冷板焊接

采用多光斑焊接头实现高产能和气密性好的定制化焊接

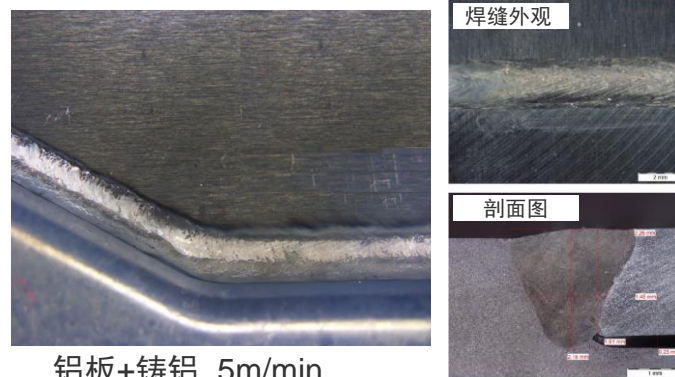
应用场景

通快解决方案

通快解决方案结果



铝板+铝板 8m/min



铝板+铸铝 5m/min

- 工艺要求：
1. 外观光滑，无飞溅
 2. 质量满足气密等要求
 3. 效率高

通快整体方案：产品+工艺

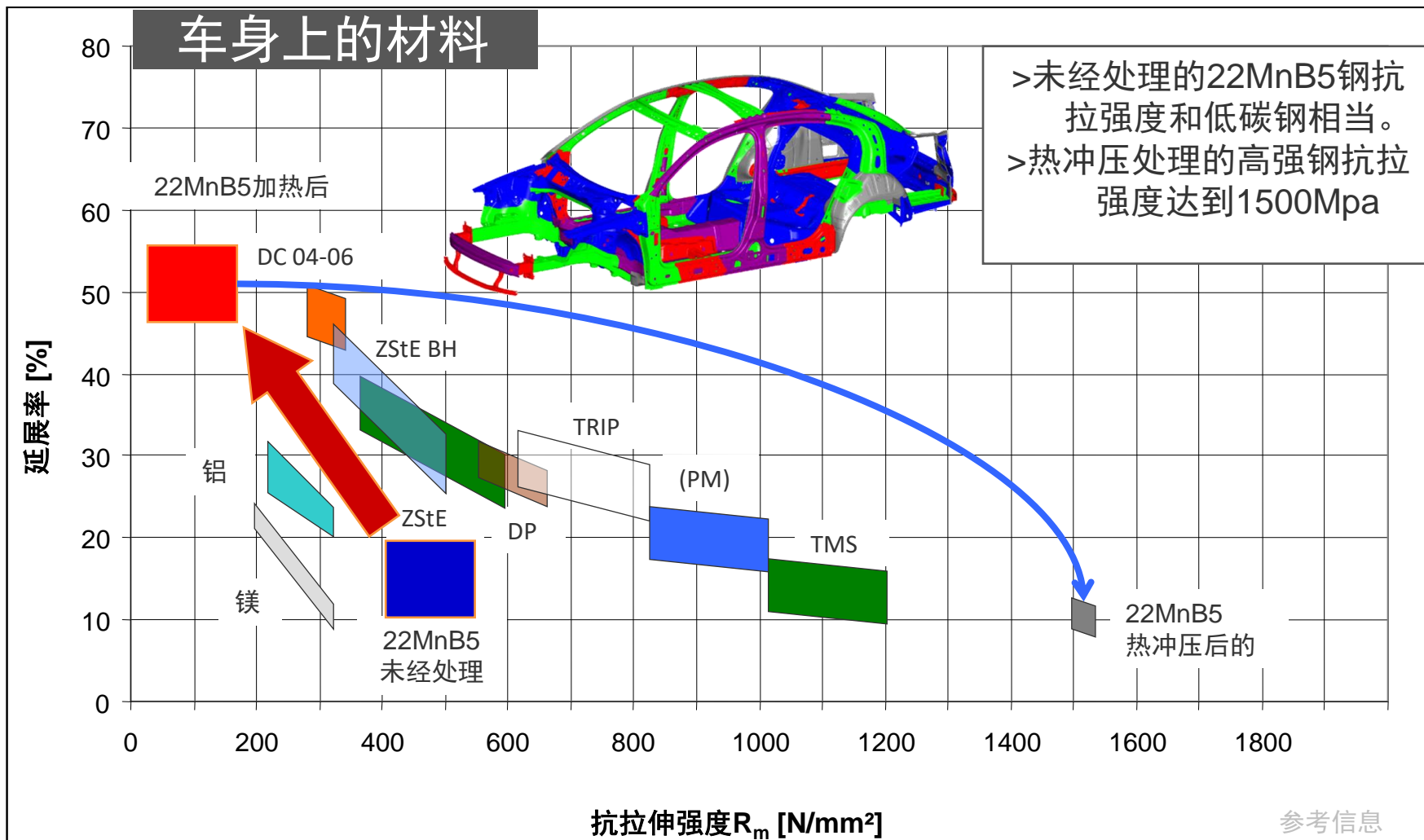
国内多家客户完成实验验证

主要内容

- ❖ 为什么采用激光技术？
- ❖ 激光在新能源汽车“三电”中的应用
- ❖ 激光技术在汽车轻量化制造中的应用趋势
- ❖ 通快公司简介

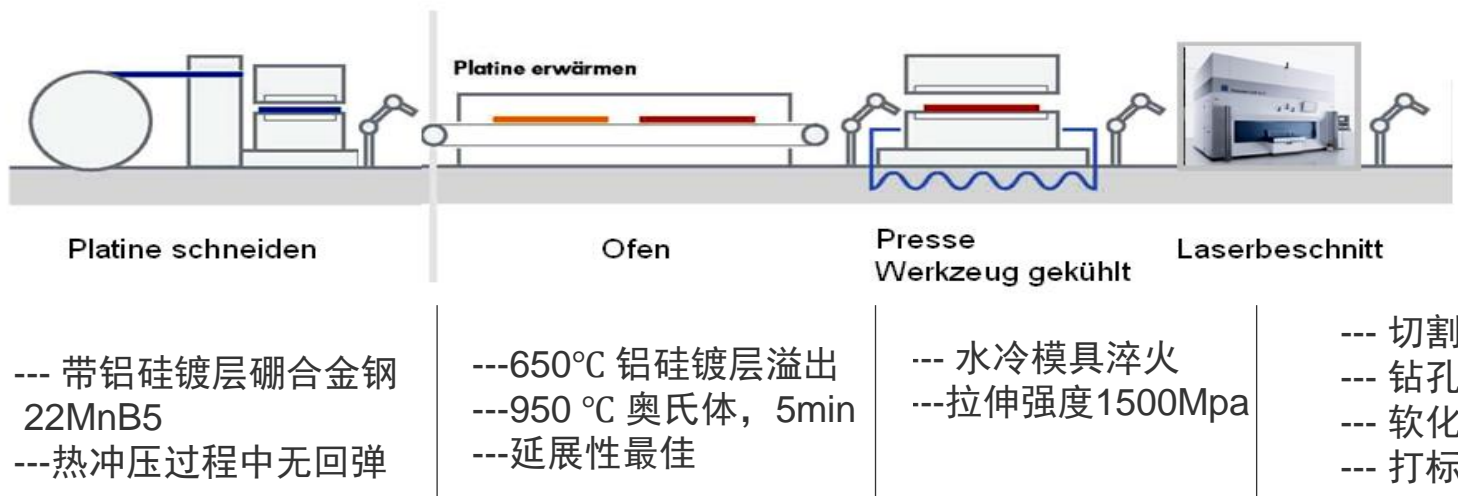
汽车轻量化制造：采用新材料

增强安全性的趋势：新材料，复合材料，碳纤维



汽车轻量化制造：采用新材料

使用热冲压高强钢



❖ 减少加强筋，使用更薄材料显著的降低重量

❖ 提高碰撞指数，保障安全性

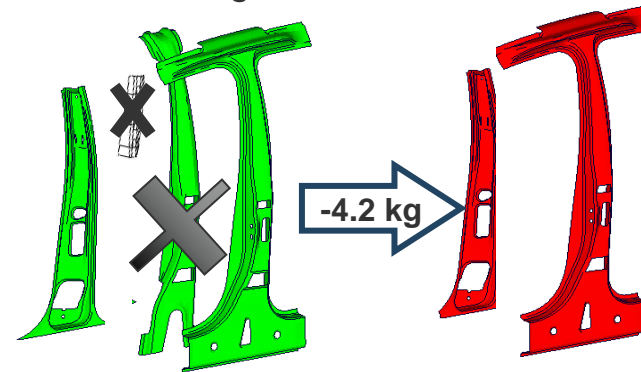
中央通道:

- 1 高强钢件 = 8 传统件, 降低重量和复杂设计
- 减少工装成本
- 降低物流成本
- 增强尺寸稳定性



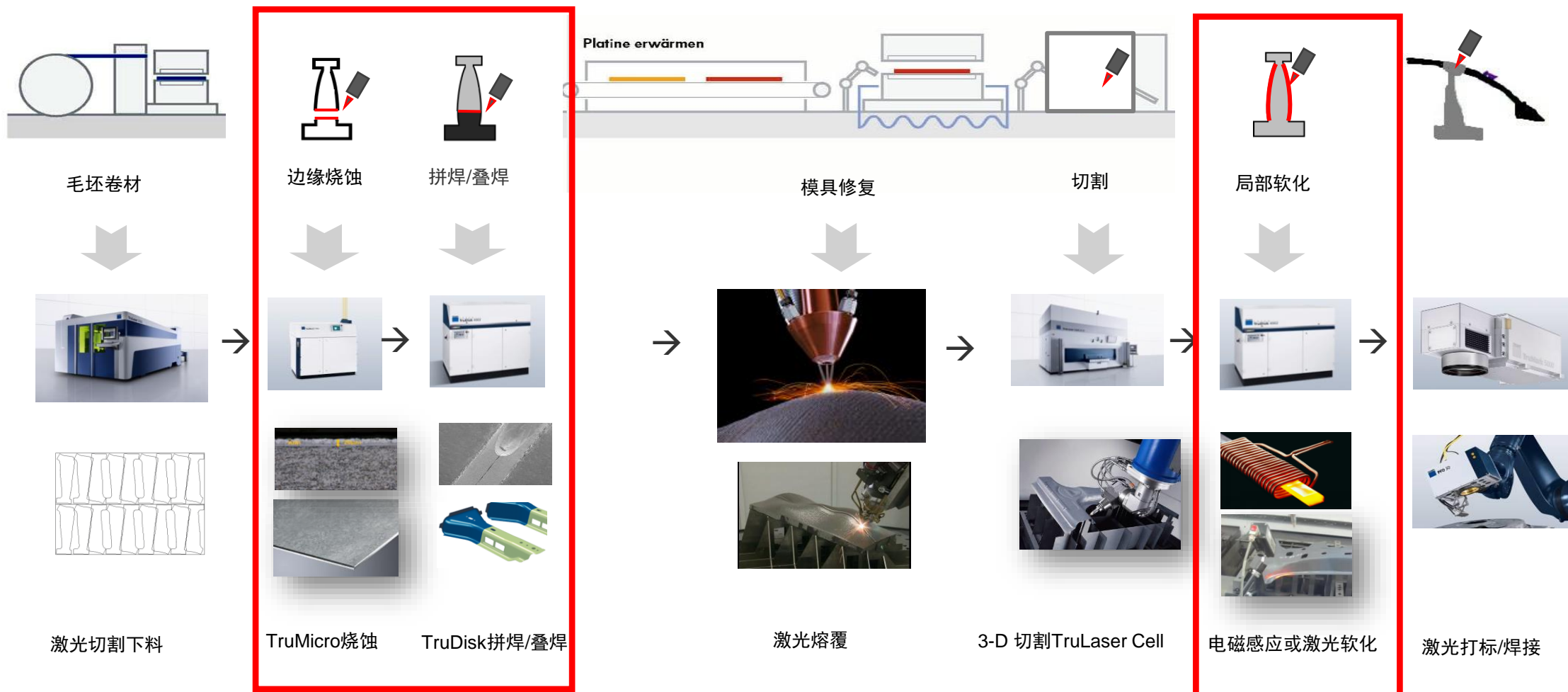
B柱:

单边省去4.2kg



汽车轻量化制造：采用新材料

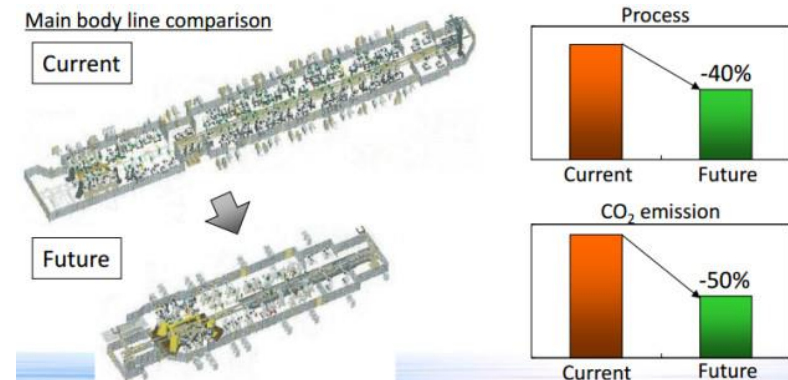
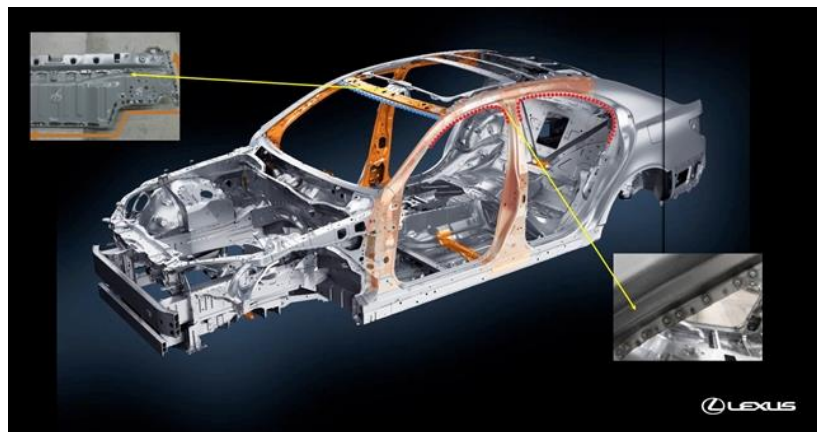
通快激光解决方案在高强度钢制造中的应用



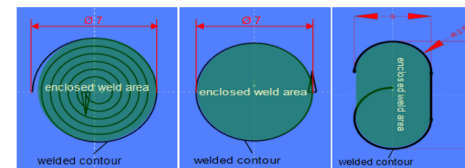
汽车轻量化制造：采用新的结构设计

激光螺旋点焊接

- 低热量激光可防止车身面板变形，确保卓越的精度
- 使用激光螺旋点焊，焊接本身在 1 秒到 2.5 秒内完成。
- 凭借该技术的多功能性和速度。
- 使用激光螺旋点焊，可减少工厂二氧化碳排放量
- 通快新思路：BrightLineWeld 是减少飞溅的最佳解决方案



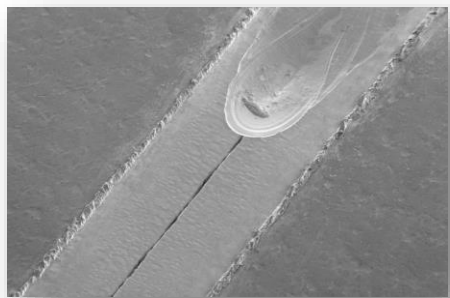
某主机厂声称装配线减少了近 50%



Seam Description	Seam Length l (mm)	Enclosed Area A (mm ²)	Seam Orientation	Power (W)	Welding Speed (m/min)	Focal Position (mm)
Spiral	l ≈ 80	A ≈ 38	-	3300	6	-2
Circle	l ≈ 22	A = 38	-	1900	1.5	-4
C-Weld	l ≈ 28	A = 38	Transverse & Longitudinal	1900	1.5	-4

汽车轻量化制造：采用新材料

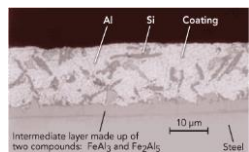
激光拼焊和激光软化高强度钢



激光去除硅铝涂层



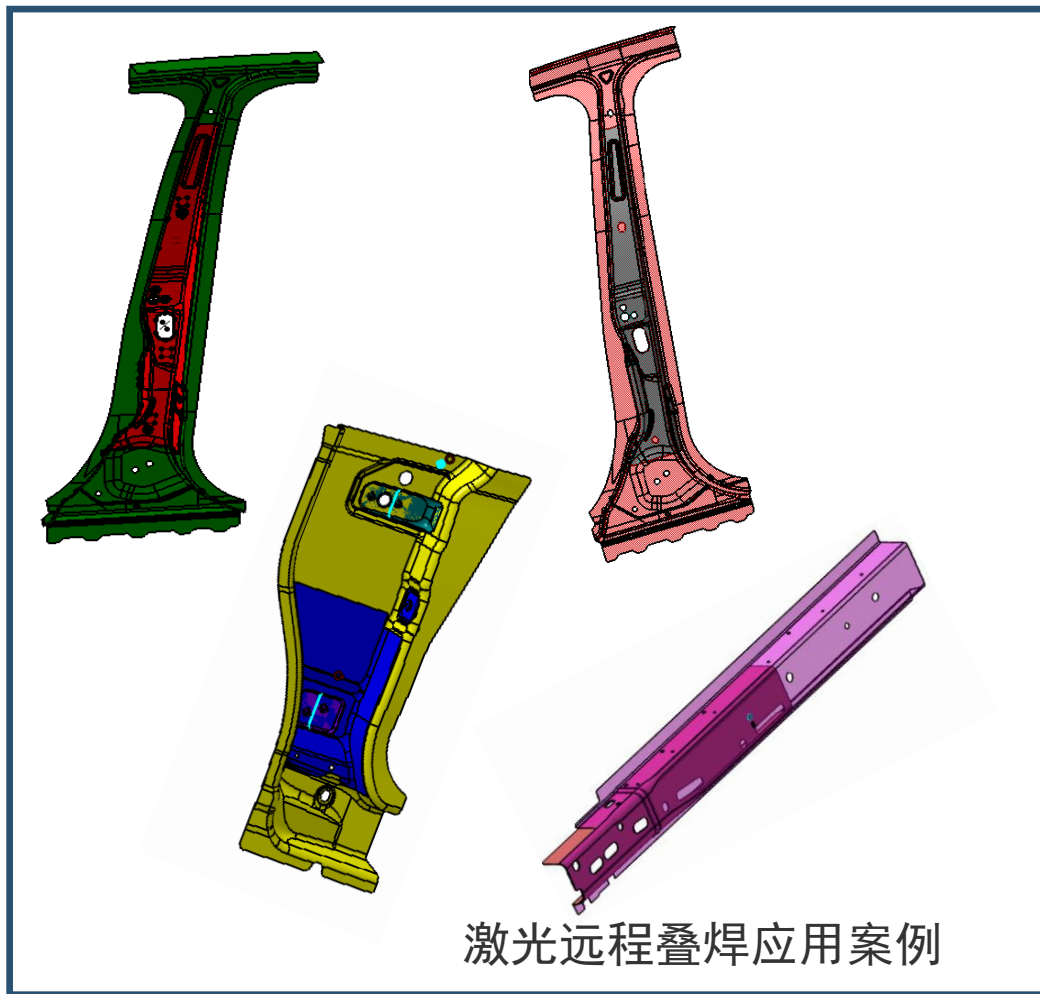
- 不同厚度，不同材料属性
- 焊缝强度高
- 焊接速度快
- 焊缝质量高
- 经济性高
- 热影响区最小，不会影响母材属性



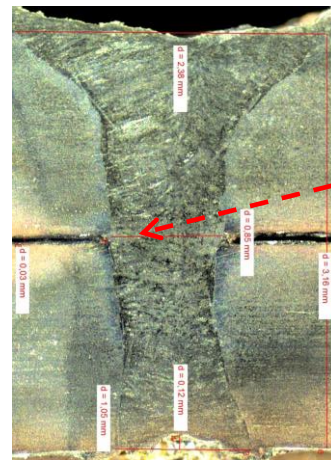
- 刚强度钢的局部区域软化
- 避免因脆化元素而产生的裂纹
- 提高法兰区的碰撞性能
- 提高局部延展性



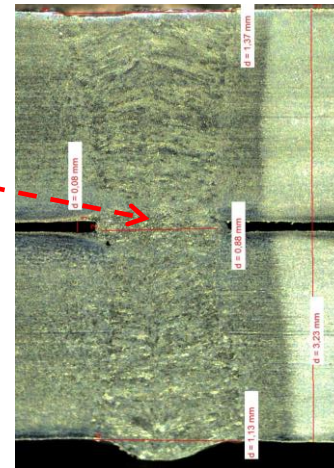
汽车轻量化制造：采用新材料 高强度钢激光远程叠焊应用



带硅铝涂层的C型焊接



去除硅铝涂层的C型焊接



焊缝形状对比	电阻电焊	带铝硅涂层激光C形焊接	去除铝硅涂层的激光C形焊接
n	6	10	5
x	14,57kN	14,62kN	18,94kN
s	1,17	1,39	0,25
v [%]	8,06	9,48	1,31



- 激光C形焊接的焊接强度和电阻电焊一致
- 带有铝硅图层的材料会对电阻电焊和激光电焊都产生消极影响

汽车轻量化制造：采用新材料

局部软化-通快Disk/Fiber连续激光；电磁感应设备；

翻边软化:

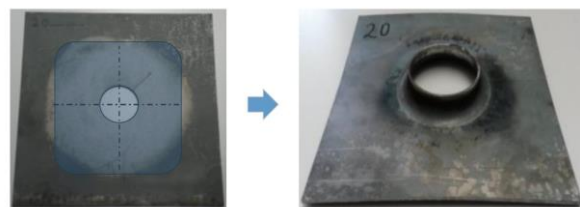
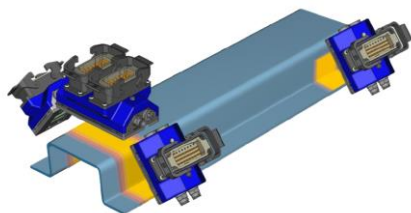
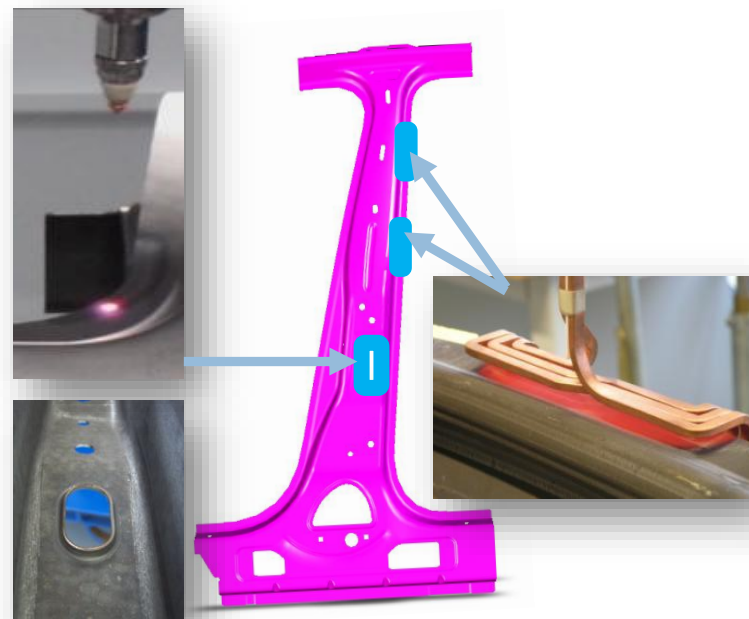
- 制造柔软区降低小区域折弯/焊接时的脆裂
- 柔软区更好的吸能

孔周软化:

- 使得孔周能曲成夹孔。

某一点软化:

- 使得易于安装铆钉。



汽车轻量化制造：采用新材料

局部软化-通快Disk/Fiber 连续激光；电磁感应设备；

母材:
冲压件
厚度: 1.8mm
涂层: AISi ~25µm
硬度: 600HV

边缘软化:
目的: 防止脆裂
使用技术: TruHeat通快感应加热
时间: 15sec.
硬度: 250 HV

底面软化:
目的: 改变碰撞性能
使用技术: TruHeat通快感应加热
时间: 15sec.
硬度: 270HV



翻边软化:
目的: 便于翻边
使用技术: TruLaser Cell 8030, 3KW
时间: 7sec.
硬度: 250 HV
面积: 1cm²

点的软化:
目的: 易于铆接
技术: TruLaser Cell 8030, 3KW
时间: 7sec.
硬度: 250 HV
直径: 15mm

局部软化:
目的: 防止脆裂
使用技术: TruLaser Cell 8030, 3KW
时间: 7sec.
硬度: 260 HV

孔周软化:
目的: 使得孔周能曲成夹孔
使用技术: TruLaser Cell 8030, 3KW
时间: 13sec.
硬度: 250HV



TruHeat电感设备



VCSEL 激光设备



连续激光器设备



铝合金激光焊接解决方案

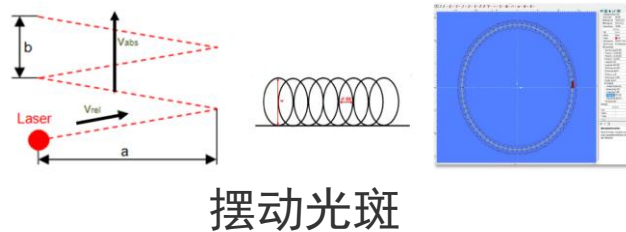
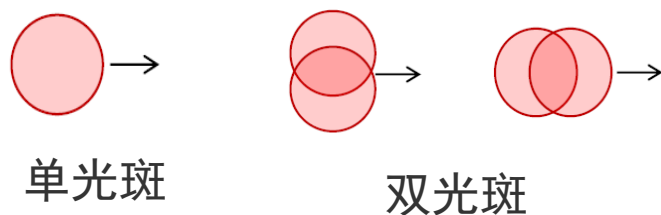
常规激光焊接解决方案-纯激光焊接方案

- 双光斑方向不同，焊接效果不同
- 平行双光斑弥补焊缝间隙
- 串行双光斑用来避免热裂纹
- 采用摆动焊接，低焊接速度实现优异的焊缝外观质量
- 采用摆动焊接时，焊缝质量优于双光斑
- 角接焊接时，两种工艺外观一致



对接焊

角接



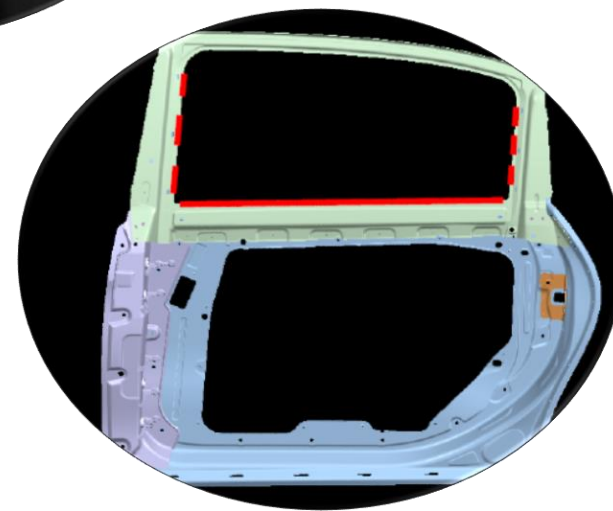
铝合金激光焊接解决方案

新型激光焊接解决方案-实时焊缝跟踪系统的成功使用

铝合金5系的激光角接焊接



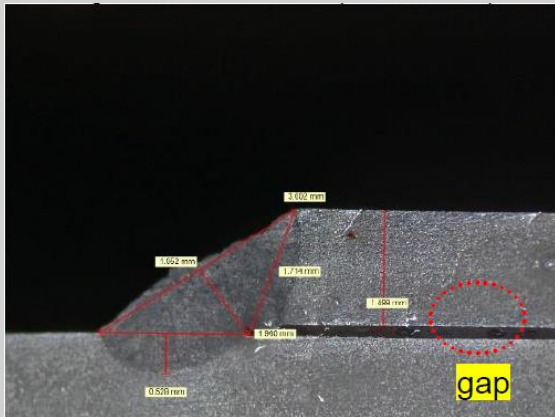


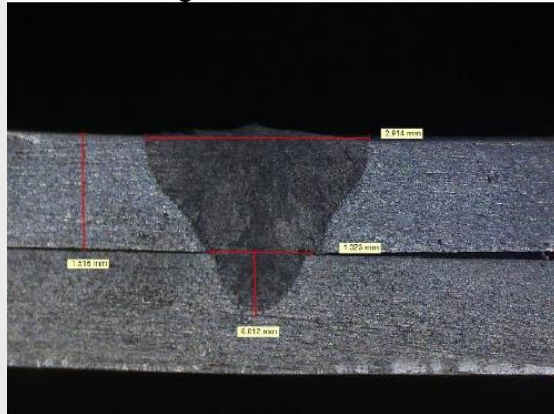
SeamLine Remote方案优势:

- 工艺比现有的填丝焊接方案**快两倍**以上
- 可靠稳定的远程焊缝跟踪技术（激光三角测量法）
- 集成质量监控和加工工件管理系统
- 缩短加工工件法兰尺寸的灵活解决方案
- 国际化生产理念的标准多功能方案（激光叠焊和角接焊）



SOURCE: DAIMLER AG, Conference EALA 2017

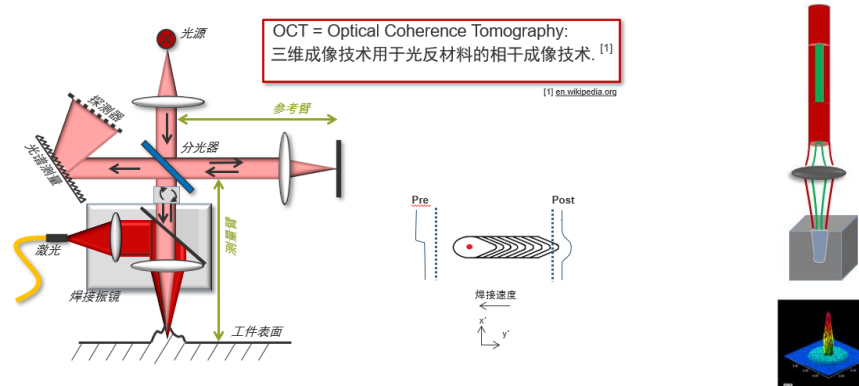
铝合金5+6系激光焊接

结构信息	正面照片	背面照片	金相分析
<p>AL5+ AL6 厚度: 1.5+1.5mm 角接焊缝 速度: 80mm/s</p>			
<p>AL5+ AL6 厚度: 1.5+1.5mm 叠焊缝 速度: 90mm/s</p>			

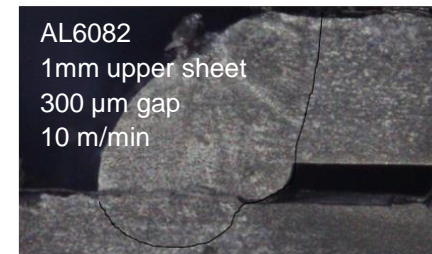
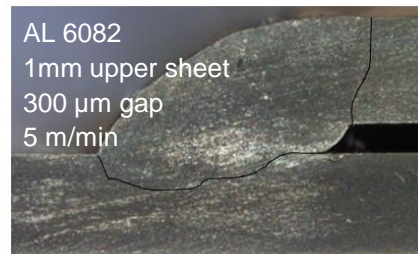
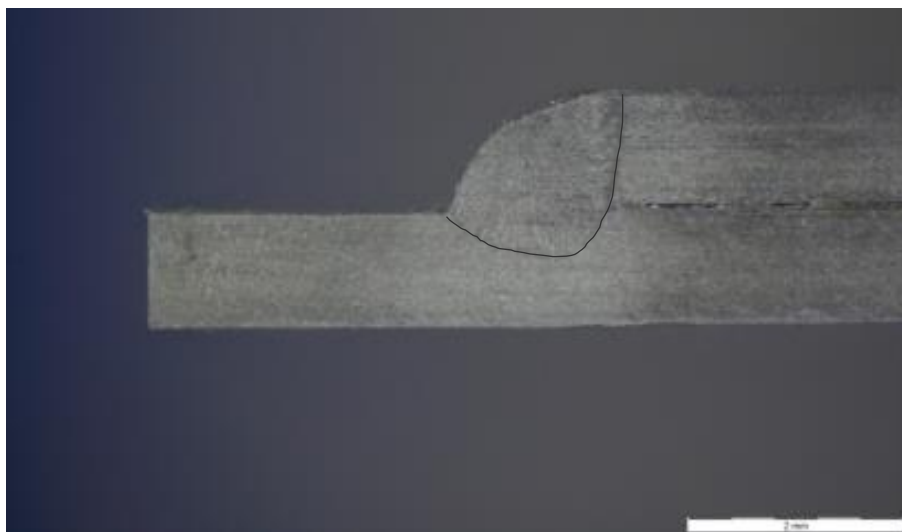
焊缝跟踪和减少热裂纹的激光角接焊接

■ 环芯可调光斑技术和基于OCT技术的焊缝跟踪实现完美组合：

1. 焊接速度高
2. 6系铝合金的间隙范围要求变大
 1. 1毫米上层板厚时，可高达 300微米
 2. 1.5-2毫米上层板厚时，可高达 500微米



光学相干成像和环芯可调光斑技术示意图



激光器和振镜标准功能

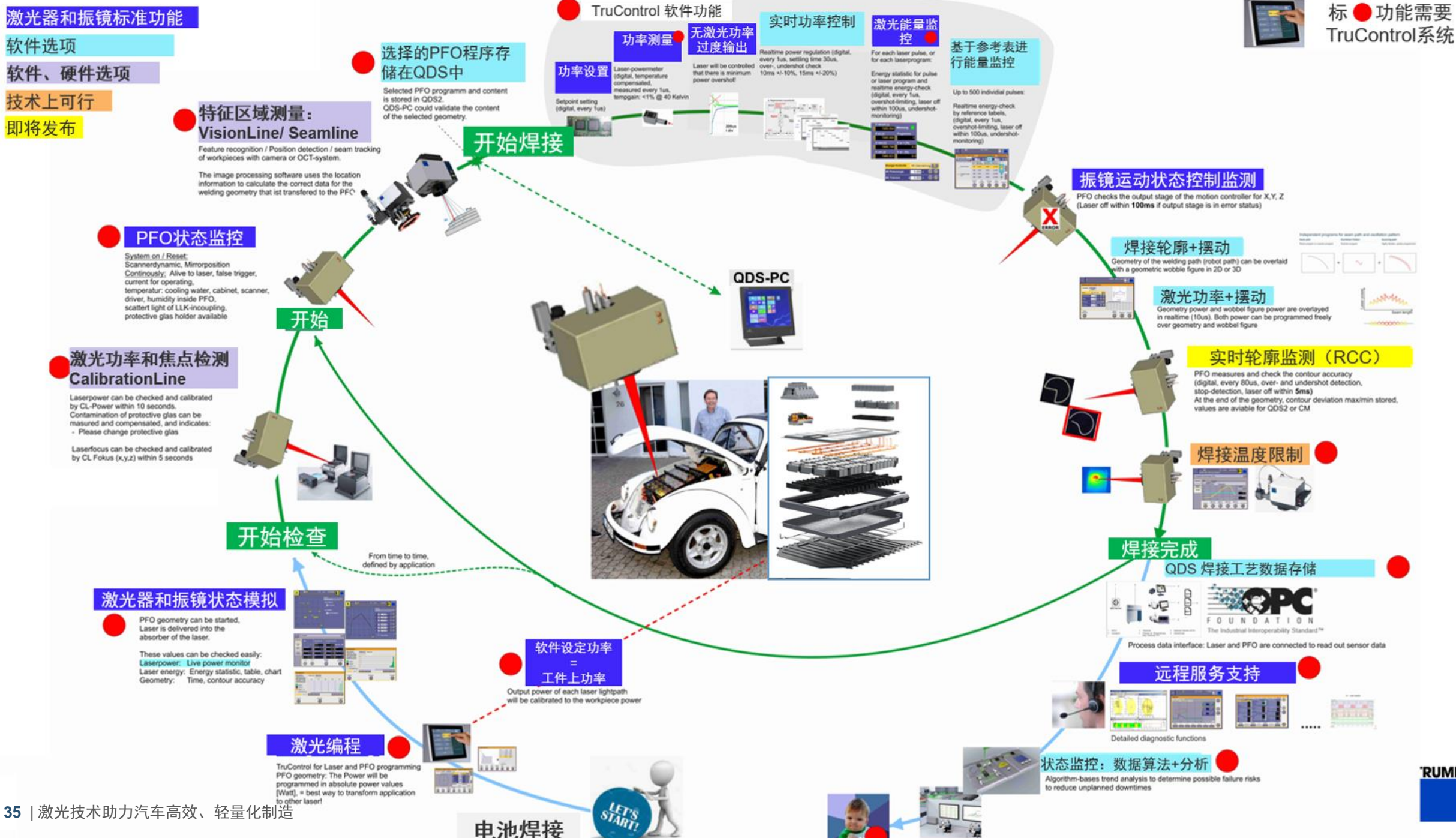
软件选项

软件、硬件选项

技术上可行

即将发布

标●功能需要 TruControl系统



主要内容

- ❖ 为什么采用激光技术？
- ❖ 激光在新能源汽车“三电”中的应用
- ❖ 激光技术在汽车轻量化制造中的应用趋势
- ❖ 通快公司简介

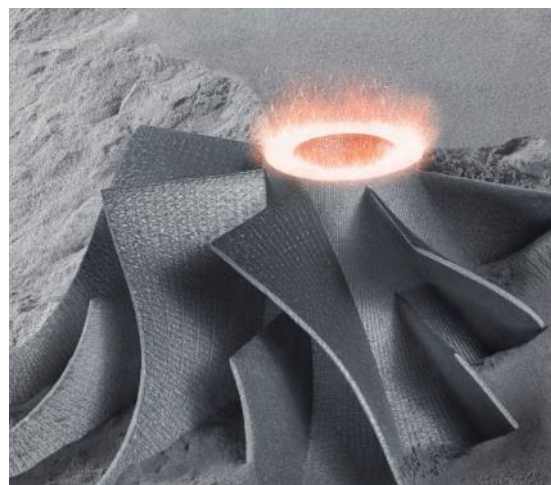
2021/22年度企业数据



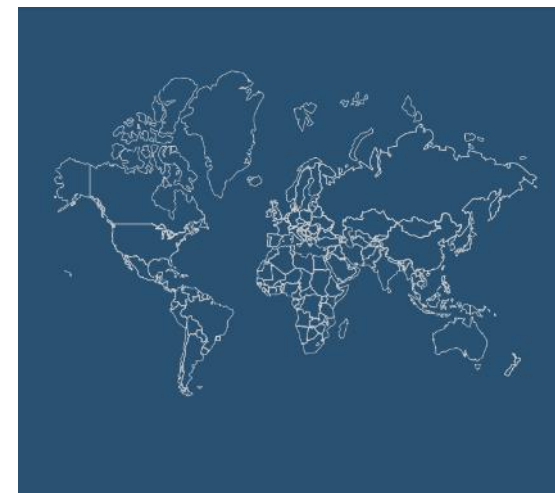
家族企业，始于1923



机床和激光两大领域的技术
领路人



是技术创新的推动者



贴近客户、遍布全球的70多
家分公司

通快集团介绍

2021/22年度企业数据

销售额 (亿欧)

42.23

+20.5 %

研发开支 (亿欧)

4.48

+17.1 %

接单额 (亿欧)

55.77

+42.1 %

息税前利润
(EBIT) (亿欧)

4.68

+26.8 %

研发开支份额

10.6 %

员工 (人数)

截至2022年6月30日

16.554

+12.1 %

税前销售收益率

11.1 %

其它投资 (亿欧)

2.18

+50.1 %

高效且专业的服务团队为您解决后顾之忧

服务团队

国内

驻场服务工程师

- 7天24小时待命
- 2小时现场响应
- 现场关键件备件库
- 通快仓库24小时发货

德国



国内**90人**服务团队提供**专业且及时**的服务

工艺开发团队



全球**140位**激光工艺专家，国内**32位**，
提供专业的激光加工工艺



谢谢!

张令开

David.Zhang@TRUMPF.com

电话：177 7223 8573