

感应淬火硬化层深度的无损测量

背景

表面硬化可以提高受动态应力部件的耐磨性以及疲劳强度。这些特性主要是由表面硬度、硬化深度以及残余应力的深度剖面决定的。硬化层深度是表面硬化处理过程中的一个重要质量指标。目前只能通过随机检测方法来确保硬化工艺的质量。这种方法不仅会损坏部件，浪费时间，而且成本也较高。

解决方案

德国弗劳恩霍夫无损检测研究所 IZFP 采用一种快速无损超声方法来测量硬化层深度。这种方法可以减少检测工作量并降低成本，通过及时调整生产工艺，确保产品始终具有高质量。

该检测系统可以优化制造参数，实现快速制造控制功能和良好的质量管理。

测量原理

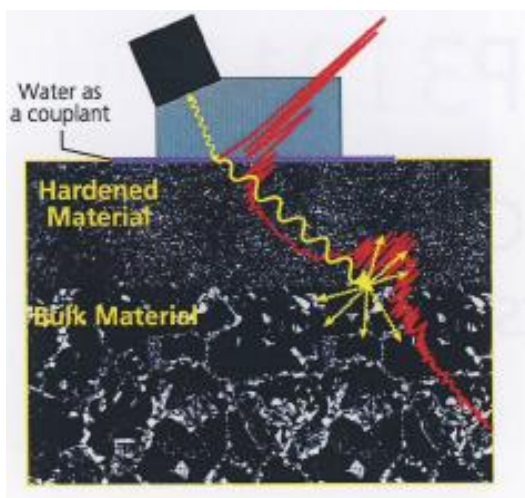
硬化层对超声波几乎没有任何阻力，而没有经过硬化处理的材料则会大量散射超声波。

通过记录背散射信号，并由我们 IZFP 研究所开发的电子测量探头进行接收处理。通过全面的自动数据评估，最终可以得到材料的硬化深度（DS）（参见图 2）。

这种新式无损检测方法的测量结果与传统有损方法非常接近，并在下列条件下实现最佳结果：

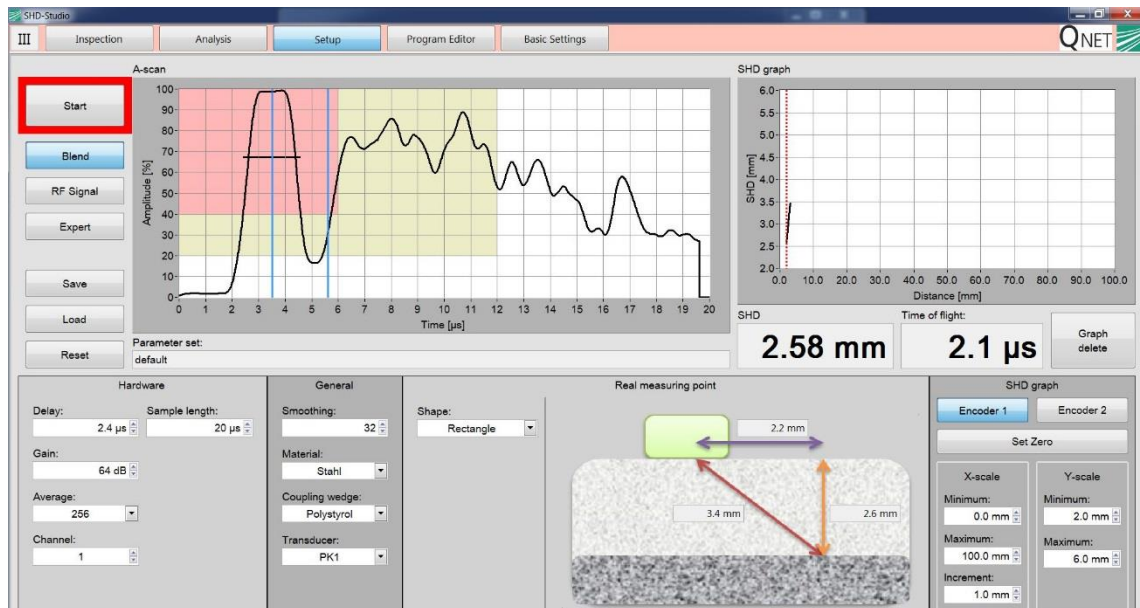
- 被检零件感应淬火；
- 零件是锻造的，而不是铸造的；
- 最小硬化深度为 1.5mm；
- 基础材料与马氏体材料之间有清晰和明显的过渡，而没有如贝氏体材料这样的中间结构；
- 基础材料的微粒大小足以支持 20MHZ 剪切波的良好后向散射。

发射器/接收器系统

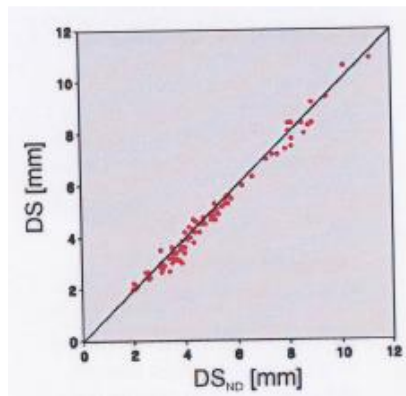


Water as a couplant: 用水或油作为耦合剂
优点

- 测量系统可以集成到生产工艺中去。
- 测量准确度非常高。
- 快速得到测量结果：每次测量只需几秒钟。
- 可以很快地评估大量部件。
- 通过采用不同的传感器，可以测量不同尺寸大小的工件。
- 设备和探头可以自由移动（总重量：8 kg）。
- 可以根据客户的要求方便地调整系统。
- 德国弗劳恩霍夫无损检测研究所 IZFP 提供完整的测量设备。



用户接口：记录表面深度值和背散射曲线的最终文件



通过无损和金相方式进行超声测量的表面深度值（mm）的关系

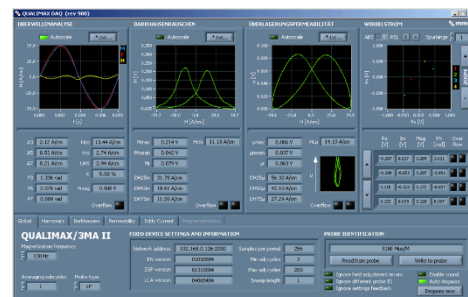
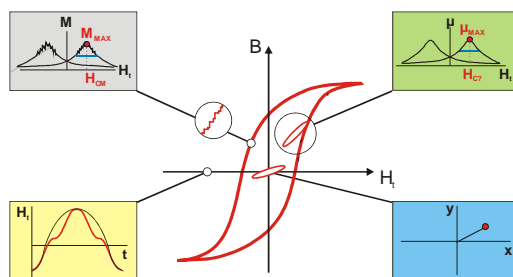
钢铁材料机械性能的无损检测

背景

机床、汽车和设备零部件在生产过程中需要进行热处理和机械加工，以便达到所需性能。其中零部件表面处理后的机械性能和耐磨性尤为重要，它的好坏直接影响和决定了设备的功能和使用寿命。准确测定部件边缘表面性能，是确保产品质量的前提。目前采用的方法有：金相分析，光衍射残余应力测量，以及传统的压痕硬度测量。以上这些方法速度慢，需要破坏检测部件，同时不可能做到100%检测和伴随着生产过程进行。

解决方案

3MA（微磁、微参数、微结构和应力分析）是一种先进的测量方法，可以通过无损方式呈现边界表面层的特征。因为具有快速检测功能，所以它可以在大多数应用中进行全面的检测。它可以对边缘层（0-4mm 的部件深度）及钢板的抗拉强度、屈服强度、延伸率等若干个相关质量属性进行快速同步评估。它可以综合来自不同微结构的互补信息以及在此过程产生中的应力敏感检测统计信息。唯一的前提条件是要使用铁磁材料（可磁化钢）并提前进行校准。



研究成果

德国弗劳恩霍夫无损检测研究所 IZFP 开发了一种新型设备--3MA。综合了四种不同的微磁测量技术，亦即巴克豪森噪音（BN）、增量导磁率（ $\mu\Delta$ ）、切线磁场强度（Ht）的谐波分析和多频率涡电流分析。将这四种技术进行整合，同时获得材料 41 种微磁测量数据并进行分析，从而排除（或者至少降低）干扰因素。3MA 采用的每种微磁技术都有特定的分析深度范围，在综合考虑各个技术的基础上进行数据处理，分析微结构中深度相关的成分、材料属性以及残余应力。

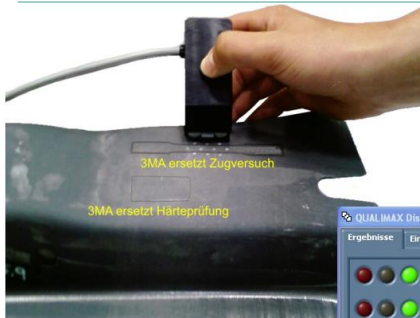
所有检测统计信息都是在同一个检查过程中通过时分多路传输来采集的。每秒钟可以进行多达 40 次测量。3MA 系统会计算每个校准目标值的基准值，并通过实时方式显示出来。检测过程中所涉及到的目标值可能包括多种材料属性，其规格取决于微结构以及残余应力剖面等。

应用领域：

- 硬度
- 硬化层深度
- 残余应力
- 拉伸试验数据（抗张强度、屈服强度、延伸率等）

应用 Anwendungen

测定硬度，屈服点，抗拉强度等 Prüfung der Härte, Streckgrenze, Festigkeit, etc.



确定 Bestimmung von

- 硬度 Härte
 - 屈服点 $R_{p0.2}$ Streckgrenze
 - 抗拉强度 R_m Zugfestigkeit,
 - 延伸率 A_{50} Bruchdehnung,
- 模淬部件 in formgehärteten Bauteilen



高温光学测量系统 TOM

陶瓷原料和金属粉末冶金原料具有高温烧结后形成致密坚硬的特性。影响烧结的因素主要有原始粉料的颗粒度，加热速度和保温时间，成型压力等。高温烧结收缩是这类材料最重要的工艺特性，也是决定产品质量的重要生产工艺步骤，并且对于生产成本的高低也起到了关键的作用。如何获得材料在高温烧结状态下的信息，并据此通过改善加热焙制条件控制高温烧结收缩的范围成为关键。

同样的，玻璃原料是在高温熔融后的低粘流态下成型的。在加热升温生产工艺的精确设计中，需要运用材料从原料到熔融的大量热物理数据。尤其困难的是测量玻璃材料在玻璃软化到熔融的范围内的热物理特性。

德国弗劳恩霍夫硅酸盐研究所（Fraunhofer Institute for Silicate Research）发明的高温光学系统（以下简称 TOMMI）可以对陶瓷原料和金属粉末冶金原料：

1. 实时动态测量烧结过程中收缩和翘曲
2. 测量材料高温状态下蠕变、失重、润湿和粘结性能

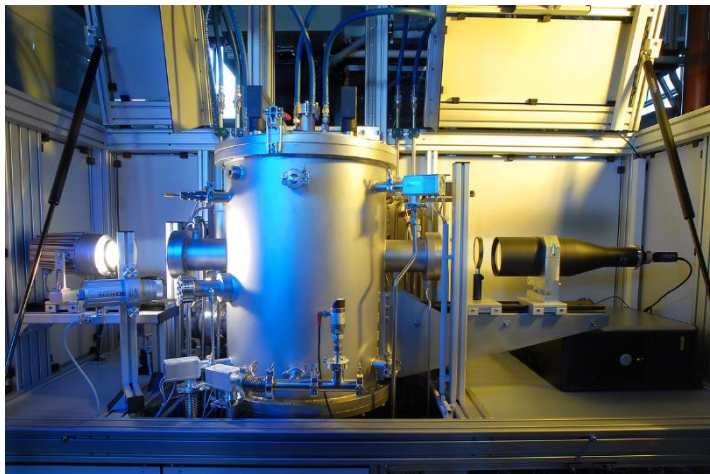
应用

- 研究氧化物陶瓷、非氧化物陶瓷和金属粉末冶金过程
- 烧结动力学和翘曲的实时动态测量
- 测定高温反应
- 研究润湿和渗透过程
- 获取热物理数据

特点：

无接触的光学测量原理

- 样品无形变
- 无化学反应
- 无需预烘烤
- 无移动部件

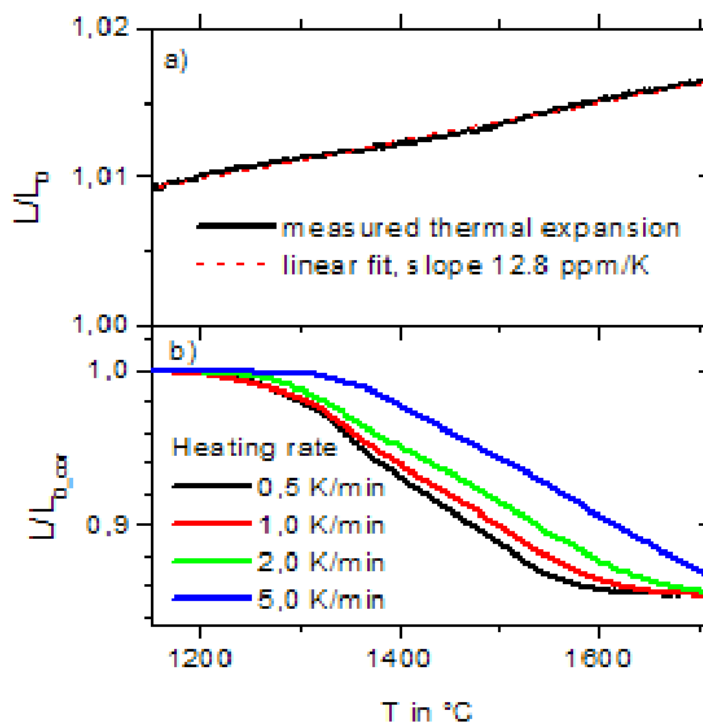
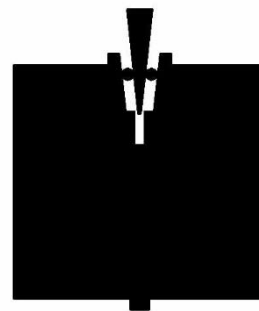
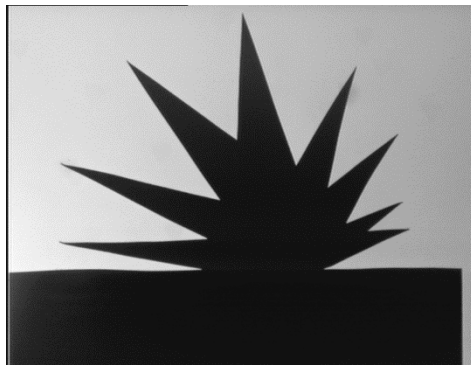
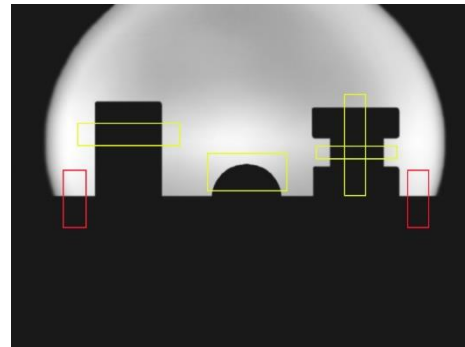
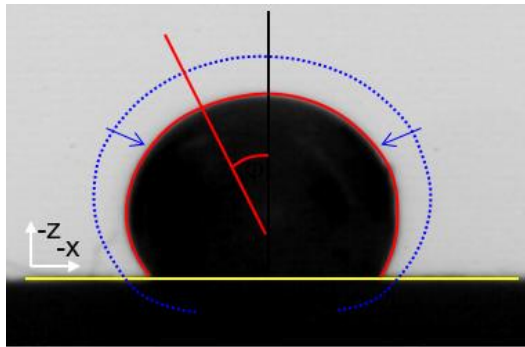


二维轮廓图的测绘

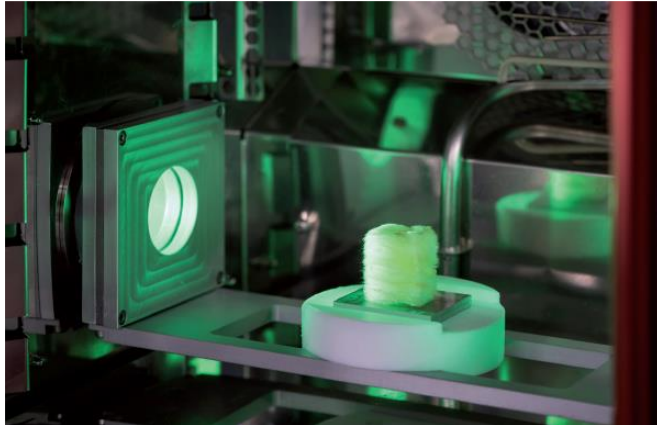
- 测量各向异性的烧结和变形
- 熔润现象的测量

根据实验目的，可以设定样件轮廓的分析范围。可以设定平面、宽度、高度、体积、线段等作为测量参数。也可以同时测量多个样件和/或多个测量参数。通过跟踪测量窗口中样品在加热升温过程中发生的移动和尺寸变化，获得样品高温状态下的物理参数。

除了这些应用信息之外，还记录一般的辅助信息。标准测量值包括测量时间、炉温、样件的总面积和重点区域、样件平均宽度和高度以及声音/噪音比例，失重和相关图片的对比度。其精度可达 0.3 微米。



KLIMATOM 光热测量系统 模拟气候变化下材料的原位表征



弗劳恩霍夫硅酸盐研究所 ISC 的设备研发中心 CeDeD 研发出一款新型测量设备:KLIMATOM。该设备用于模拟气候变化条件下材料的原位表征。

KLIMATOM 以独特的方式实现了对不同材料的非接触、非破坏式轮廓分析，即通过样本的阴影图像进行研究。此外，还可以利用透射光对透明和半透明表面的原位材料变化进行分析。在这种情况下，可以测量一定温度和湿度范围内的尺寸变化，并获得高分辨率图像。

优势一览：

- 热效应和/或冷效应的实时动态测量研究
- 对延展、膨胀和弯曲状态进行原位表征
- 对极端气候造成的损伤进行在线表征
- 对具有不同膨胀系数的材料组合进行分析
- 湿度、敏感度测定
- 结晶过程研究（如水溶液中的沉淀物）

KLIMATOM 应用于塑料的研究

- 在气候变化和极端气候条件下对塑料进行在线表征
- 对膨胀系数不同的复合材料进行分析
- 不同塑料部件原位测量和实时动态比较

KLIMATOM 应用于建筑材料的研究

- 对绝缘材料、混凝土和复合材料的膨胀和收缩性能进行表征

- 对不同气候条件下弯曲断裂和变形现象进行分析
- 根据粘合剂含量测量绝缘材料的气候稳定性
- 对不同表面加工工艺的材料性能进行性能检测



KLIMATOM 应用于涂层的性能测量

- 对涂层进行表面表征以确保其使用质量及性能（如防雾，防冰，防尘）
- 对润湿现象进行分析
- 在温度和/或湿度影响下清漆系统的分层

用 KLIMATOM 的理由

- 您能了解在不同气候条件下材料将会发生什么变化
- 您能在生产过程中及时发现不一致之处
- 您能即立即开始优化产品

我们提供以下服务

- 对您的材料或产品进行可靠的
- 测试为材料性能的了解提供科
- 支持为产品优化提供咨询
- 个性化定制 KLIMATOM 设备

KLIMATOM 的技术数据	
温度范围:	-40 ° C 至 160°C
湿度范围:	30% 至 95% r. h.
CMOS 摄像系	0.3µm 分辨率 每秒 20 张照片
照明设备:	100 W LED 阵列
运用测量算法	
分析/评估高度、宽度、面积和体积	

生物降解涂层—改善可生物降解塑料薄膜的性能

弗劳恩霍夫研究所已经开发出来了适用于高质量食品的可生物降解产品包装材料，可以有效隔绝水蒸气和氧气，并具有水分触发抗菌功能。

可生物降解塑料可创造一个更加可持续发展的社会，解决全球环境和废弃物问题。然而迄今为止，市场上可生物降解塑料制成的产品还很少。

利用可生物降解涂层对可生物降解聚合物膜进行改性，可以改善其性能，使其具有优良的隔离性能。重点是水蒸气、氧气的阻隔性以及水分触发的抗菌性能。为了获得这些性能，多年以来，弗劳恩霍夫硅酸盐研究所（Fraunhofer ISC）开发了最先进的杂化聚合物隔绝涂层，并使用特殊组合对其进行了改进和功能化，使涂层可生物降解。

“Ormocers”是由位于维尔茨堡的弗劳恩霍夫硅酸盐研究所(Fraunhofer ISC)开发的杂化聚合物，由有机和无机成分组成。这些杂化聚合物可以通过协同效应实现新的创新功能组合，将玻璃和塑料的特性结合起来。用于合成这些混合材料的溶胶-凝胶法以无机和有机-无机前体分子为开始。有机醇无烷氧基硅烷与金属醇盐的受控水解和缩合反应形成了杂化聚合物的无机网络。

有机网络通过随后的反应性有机基团的聚合形成，所述反应性有机基团通过有机烷氧基硅烷引入。通常，这涉及环氧化物聚合、丙烯酸酯或甲基丙烯酸酯的自由基聚合。

有机网络形成以及此后的材料固化可以通过加热或紫外线光照射诱导。此外，通过引入非反应性有机烷氧基硅烷，可以对无机网络进行有机改性。

杂化聚合物如何进行生物降解

可生物降解的杂化聚合物涂层（“Bio-Ormocers”）的开发是通过用可生物降解的成分替换不可生物降解的有机成分来实现的。生物型可生物降解的天然材料（壳聚糖，纤维素衍生物）和以石油为基础的可生物降解的反应物（如聚己内酯三醇（PCL-T））都应用于此。

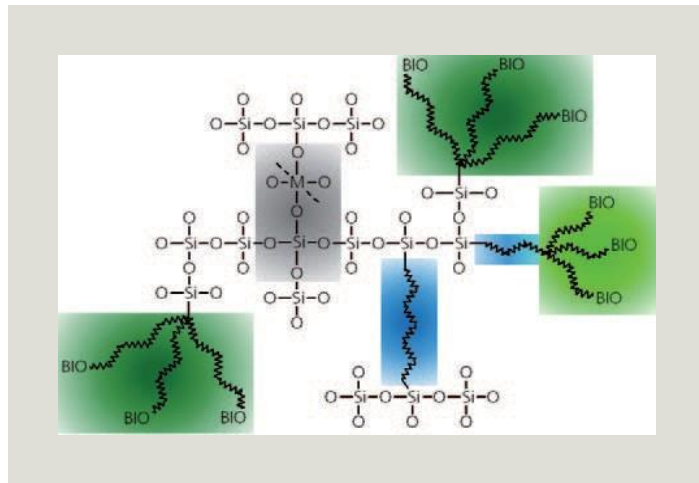
为保证将可生物降解的成分能嵌入杂化聚合物网络中，将部分成分进行了化学修饰。例如，聚己内酯衍生物用三乙氧基硅烷基团进行了功能化，以便之后通过水解和缩合反应将这些可生物降解的成分连接到无机网络上。

纤维素也由类似方法处理。在这种情况下，通过用环氧基功能化实现可生物降解的前体与杂化材料有机网络的连接。活性环氧基团随后参与聚合反应以形成有机网络。与此相反的是，壳聚糖不须修饰，因为它可以通过自己的部分氨基与有机网络连接。光谱法显示，所有经过修饰的材料的可生物降解成分都成功连接到杂化聚合物网络

上。使用 ^{29}Si 固体核磁共振和拉曼光谱分析无机网络，并用 ^{13}C 固体核磁共振和拉曼光谱分析有机网络。

混合聚合物“BioOrmocer”网络的结构如图所示。无机和有机网络成分分别由灰色和蓝

色阴影区域表示。然而，该结构现在具有附着于无机网络（深绿色区域）及有机网络（浅绿色区域）的可生物降解成分。

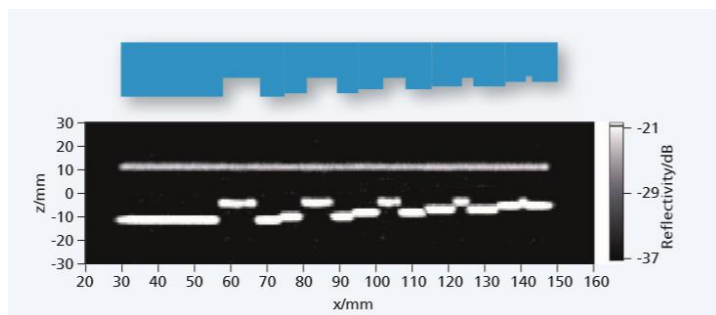


太赫兹技术测量涂层厚度

德国弗劳恩霍夫技术和经济数学研究所 Fraunhofer ITWM 利用太赫兹技术，研发一种可用于无损测量的设备。由于它体积小，重量轻，易于运输，因此非常适合测试不可移动的试样，可用于生产过程中测试现场。该系统工作方式是对称式，单面取样就足够了。传感器通过与线性位置编码器相结合，对检测物体进行线性检查，从而确定每个点的深度剖面。由此得到被检查样品的 A-扫描 和 B-扫描图形，类似于超声波检查。

传感器外壳采用封闭、防尘、易清洁，适用于生产环境。仪器附触摸屏可用于简单操作及显示测量结果。

图示说明：手持太赫兹测量仪，无需额外设备即可使用，适用于标准插座。



图示说明：B-scan 显示在阶梯模块上，用 PE 制成的平底孔（下方）和示意性横截面（上方）。孔的直径为 2 ~ 10mm，每个孔的直径为 2mm。阶梯高度为 1mm。

优点:

1. 无接触：不需要耦合介质辅助。
2. 可对内部有中空结构的试样进行检测
3. 单面取样足够：对称式测量方式
4. 无辐射防护措施

系统规格

频率范围：70 – 110GHz, 110 – 170GHz, 220 – 325GHz

1kHz 测量速率下的动态范围>40dB

测量类型：A 扫描与 B 扫描 (位置探头)。B-SCAN 为手动扫描。

深度分辨率 (两个相邻表面)：典型值为 6-2mm，取决于带宽和材料。

横向分辨率：典型值为 3-1mm，取决于频率和材料

应用

非接触测量：

- 检测气孔和气泡；
- 检测内部结构缺陷；
- 检测不均匀性，如 GFK 和 NFK 中的起伏、分层不均匀等；
- 厚度测量

在质量控制中使用：

- 检测生产线上的隐性缺陷；
- 对集装箱和管道的常规检查；
- 通过储存测量数据进行记录控制



1. 供热管道焊接后的保温效果测试

2. 玻璃纤维增强容器的检测

玻璃表面彩色涂层

玻璃着色，传统上是通过金属氧化物转变或金属硫化物和硒的组合做到的。事先准确的准备好颜色非常困难，因为有众多的不定因素，还有在一些情况下，有毒重金属化合物在生产过程中必须被处理。

在气体阶段技术下的原始无色玻璃上色，必然需要昂贵的生产设备。无机溶胶，凝胶层和瓷釉必须在极高的温度下（大于 450 摄氏度）生产。瓷釉清漆面在有毒成分中（氧化铝，氧化镉）还产生另外的不利条件。商用有机彩色着色总是在防磨损，防腐蚀和光稳定上，不尽如人意。

我们的解决方法：有色 ORMOCER 层

ORMOCER 是合成物聚合体材料通过受控的氢溶解，并被有机改变后的硅碱氧化物凝结合成的。与其它金属碱氧化物（钛，锆，铅，碱氧化物）凝结在一起也是可能的。再进一步，可聚合类被固定在不机的网络，在热和紫外线作用的过程中相互反应。通过应用染料或颜料产生透明，半透明或不透明的表面薄层，也证明了 ORMOCER 矩阵是可行的。

有色的溶胶可以被应用于传统的湿层技术。在中等条件下（室温最高可达 220 摄氏度）进行表面加工处理。与气体阶段和陶瓷薄层相比较，这一方法为拥有复杂的几何图形玻璃制品或大块平板玻璃表面涂层，开辟了一条相对灵活和低成本的捷径。与传统的有机漆和涂料相比较，有机无机合成物显示了近乎完美的耐久附着性，甚至在潮湿的气候中，氢氧化硅组的表现和无机后骨，防磨损功能提高显著。

可应用范围

- 工业用玻璃
- 包装材料玻璃
- 家俱和卫生用具上的玻璃板
- 设计和建筑用玻璃
- 自动化行业用镶嵌玻璃



优势

- 在各种玻璃表面上附着力强
- 不限颜色范围
- 颜色易复制
- 采用传统的湿涂步骤既可完成
- 低加工温度（小于 200 摄氏度）
- 小批量生产也很经济
- 毒性方面安全
- 附加的装饰效果（颜色斜率，部分着色）



其它领域的应用

- 在矿物表面着色层
- 在金属表面着色层

