

Surface Measurement Technology in a Rough Environment

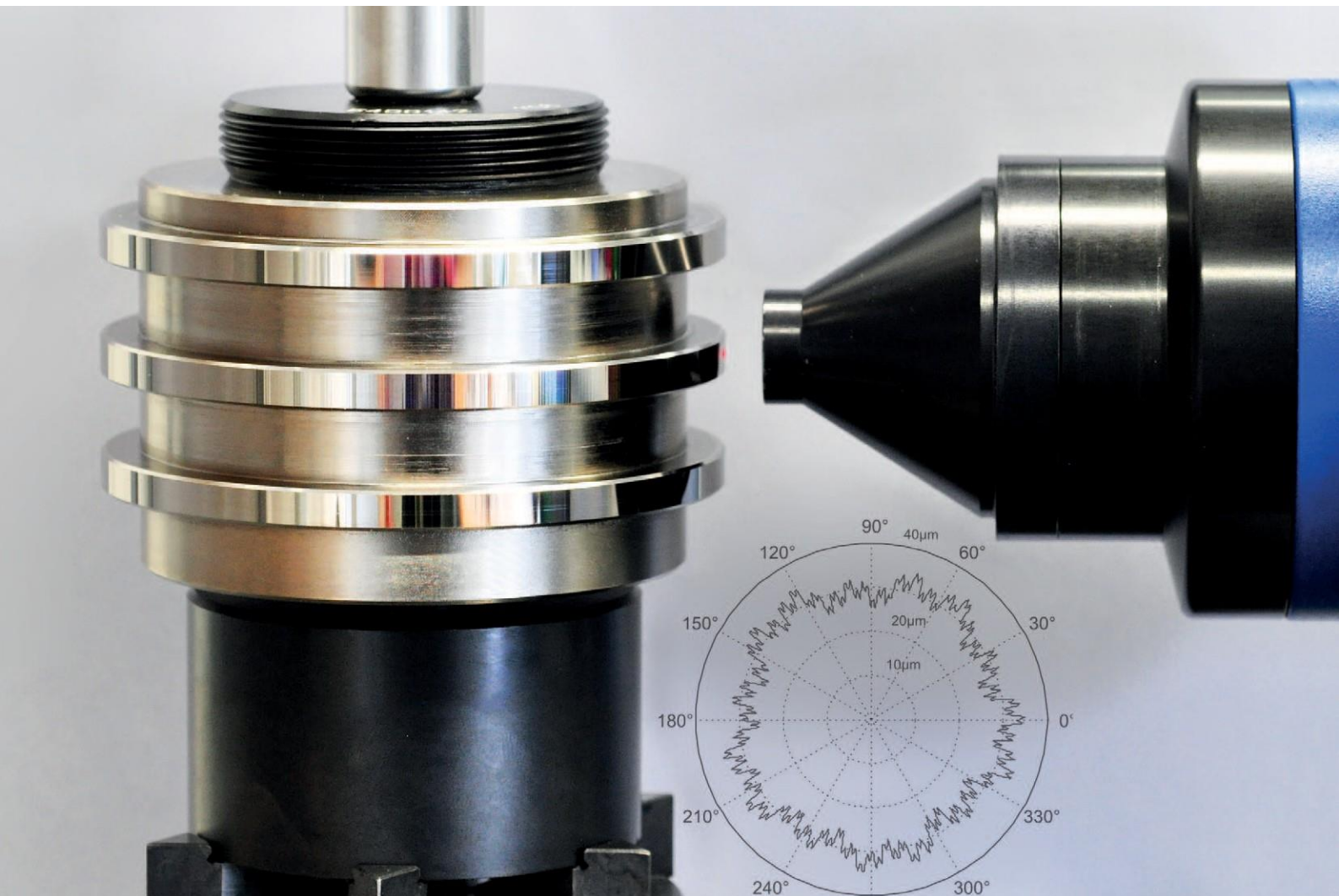
sunden
F.A. SOLUTIONS



Process Control | Quality Assurance | Cost Reduction

opto • surf

The PERFECTION of Measurement Technology



Measurement of roundness and waviness to multi-wave standard



DAIMLER



BOSCH





OptoSurf places particular emphasis on the intensive consulting it offers its customers.



Prior to delivery and productive implementation we always conduct meaningful test measurements.

- 1985 Dr. Rainer Brodmann developed the first commercial scattered light measurement device at Rodenstock, together with the Technical University of Berlin
- 1989 Successful applications at Daimler, VW and IBM
- 2004 OptoSurf GmbH founded in Ettlingen
- 2006 Market introduction of the second generation of the OS 500 scattered light measurement systems

- 2007 First implementations in the manufacturing of crankshafts, ball studs and femoral heads
- 2009 Winner of the Innovation Award of the State of Baden-Württemberg
- 2012 Introduction of the first automatic measuring machine for waviness during the Control trade fair

OptoSurf 는 생산 중 정밀 부품의 실시간 품질 유지를 위한 인라인 표면 측정 시스템을 개발, 제조 및 판매합니다. 주요 분야는 자동차 산업과 엔지니어링 산업입니다.

OptoSurf 의 핵심 역량은 견고하고 정확하며 높은 측정 속도를 보장하는 산란광 기술입니다.

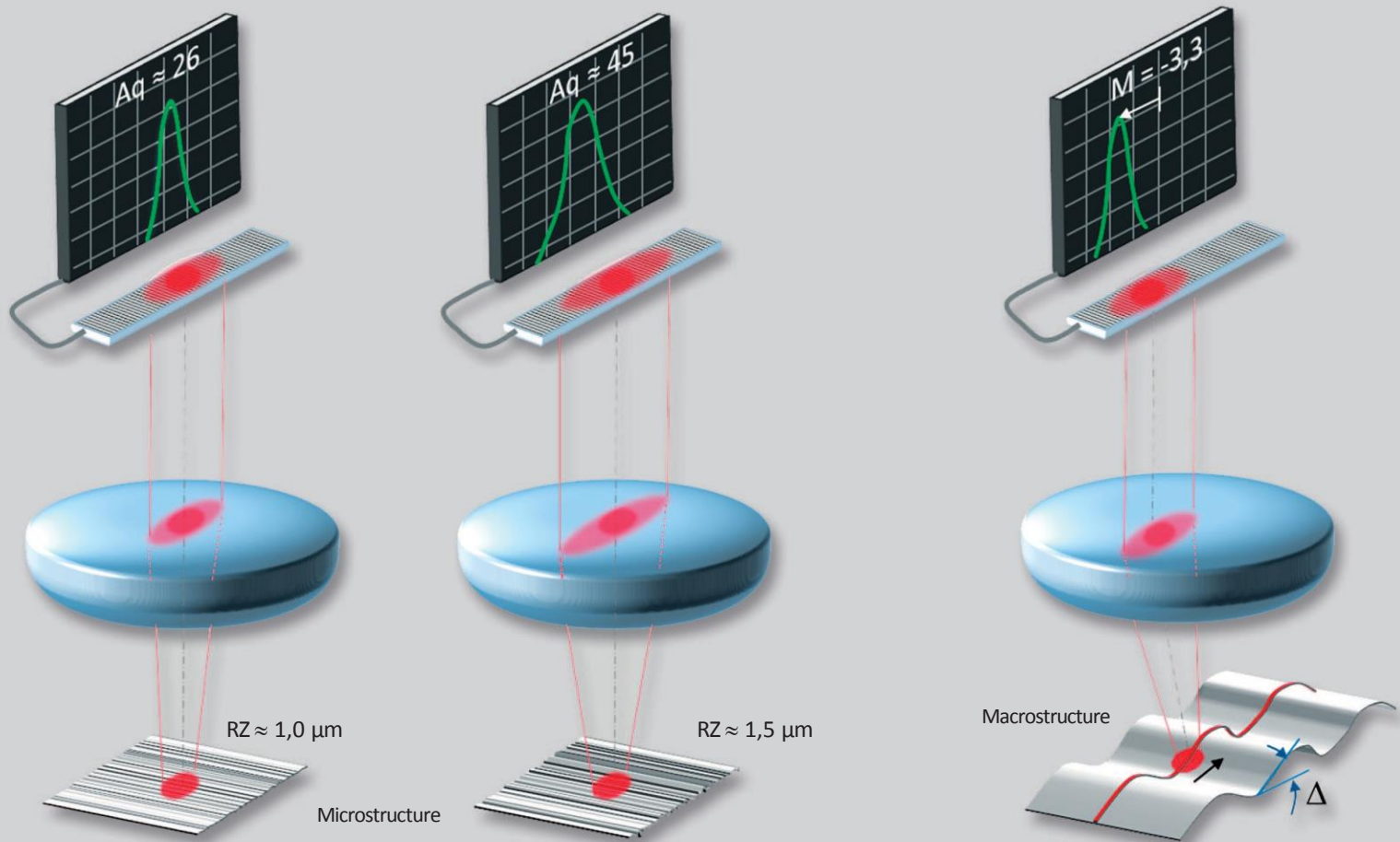
택타일 및 광학 표면 측정 장치의 전통적인 제조업체를 보완하는 틈새 공급업체라고 자부합니다.

모든 정밀 부품 제조사 및 이러한 제조사의 공급업체의 목표는 비용 집약적인 제조 프로세스를 최적화하고 톨 비용을 절감하며 100 % 테스트 부품을 생산하고 표면의 기능적 동작을 조사하는 것입니다.

이제 OptoSurf 가 인라인 표면 측정 시스템의 새로운 기술로 이를 가능케 합니다.

SCATTERED LIGHT

Measurement Technology



Measurement Method

산란광 측정 기술은 상대적으로 새로운 공정으로 표면에 측정 지점을 조명하고 미세 구조를 통해 반사된 광선을 검출기로 측정합니다. 결과적으로 산란된 각도 분포 곡선은 표면 거칠기의 측정 값입니다. 계산된 특성 값인 Aq 는 분포의 분산이며 VDA 2009 가이드 라인에 설명되어 있습니다.

Advantage

산란광 측정 기술의 큰 장점은 거친 환경에서의 구현을 가능하게 하는 견고함, 높은 측정 정확도, 미세 가공된 표면에서의 측정 장비 성능입니다.

Measured Variables

센서는 매크로 범위에서 친숙한 편향 원리에 따라 작동합니다. 국부적인 편차 각도가 측정되고, 알려진 x 로 부터 절대 편차 y 가 계산됩니다.

진원도 또는 진직도 측정의 경우 센서가 표면 위로 유도되거나 측정 대상이 적절한 정밀도로 이동합니다.

연마된 표면과 같이 아주 매끄러운 편차 $0.02\mu m$ 미만의 경우에서도 측정이 가능합니다.

SENSOR-SYSTEM

Sensor OS 500 32-09



System controller (PC)

Sensor OS 500 16-18



Reference standard
and calibration set



Mode of Operation

산란광 센서는 표면 조명을 위한 광원, 각도 범위 32 ° 또는 16 °의 산란광 분포를 검출하는 정밀 광학계 및 산란광 분포를 강도 분포 곡선 형태로 측정하는 선형 검출기로 구성됩니다.

빠른 USB 연결을 통해 디지털화 된 측정값이 PC 로 전송되면 PC는 거칠기 특성 값 Aq 를 계산합니다.

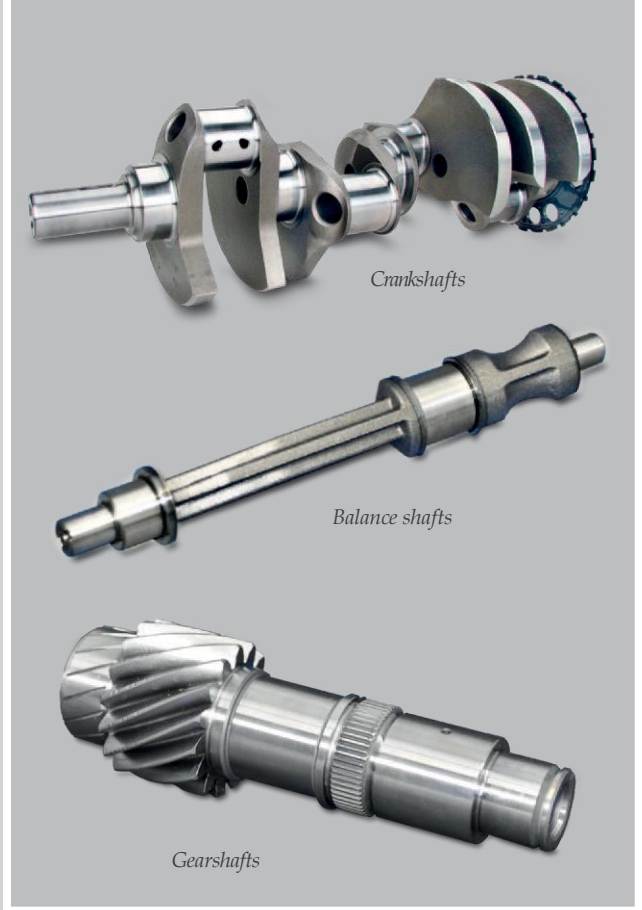
Technical Data OS 500 32/16

- 32° 또는 16° 오픈 산란광 센서
- 측정 범위 $1.6 < Aq < 95$
- 측정 가능한 스폿 사이즈:
1.8 / 0.9 / 0.3 / 0.03 mm
- 측정 거리 5 또는 50 mm
- USB 인터페이스
- 트리거 인풋 5..24 V
- 초당 최대 2,000 회 측정
- 보호 각도 IP 65

Automotive Industry



Roughness and roundness measurement on the control gear



Examples of various application possibilities

■ Real-time Quality Assurance during the Process

최근 몇 년 동안 엔진 및 변속기의 제조 공차가 더욱 좁게 정의 되었습니다. 그 이유는 마찰과 소음을 최소화 하기 위한 표면 품질 관련 요구 사항이 증가 했기 때문입니다. 이와 관련하여 기존에 품질 보증을 위해 사용되던 스타일러스 계측기는 점차 한계에 다다르게 되었습니다. 생산 관련 분야의 시스템은 더 이상 요구되는 측정 성능을 달성하지 못합니다.

산란광 기술은 표면 거칠기 값이 $1\mu\text{m Rz}$ 미만인 표면에 매우 안정적인 측정 변수를 제공하고 기능 표면의 베어링 비율에 대한 특수 효과에 반응하는 놀라운 이점을 제공합니다.

■ Applications

- **Toothed racks**
완성된 슬라이딩 가이드의 거칠기 측정
- **Crankshafts**
완성된 메인 베어링 및 핀 베어링의 거칠기 측정
- **Gearshafts**
진원도, 거칠기 및 웨이브니스 측정
- **Pump plungers**
서브 마이크로 미터 범위 및 폴리싱 에러 감지에서 100 % 진원도 측정

Engineering Industry



In-process surface measurement on rollers



Examples of various application possibilities

■ 100% Roughness Measurement and Form Measurement

산란광 기술의 엔지니어링 부문 4 개 핵심 어플리케이션은 다음과 같습니다:

- 롤러 베어링 산업
- 정밀 롤러 연삭
- 선형 가이드의 평탄 연삭
- 박판 금속 표면의 인라인 측정

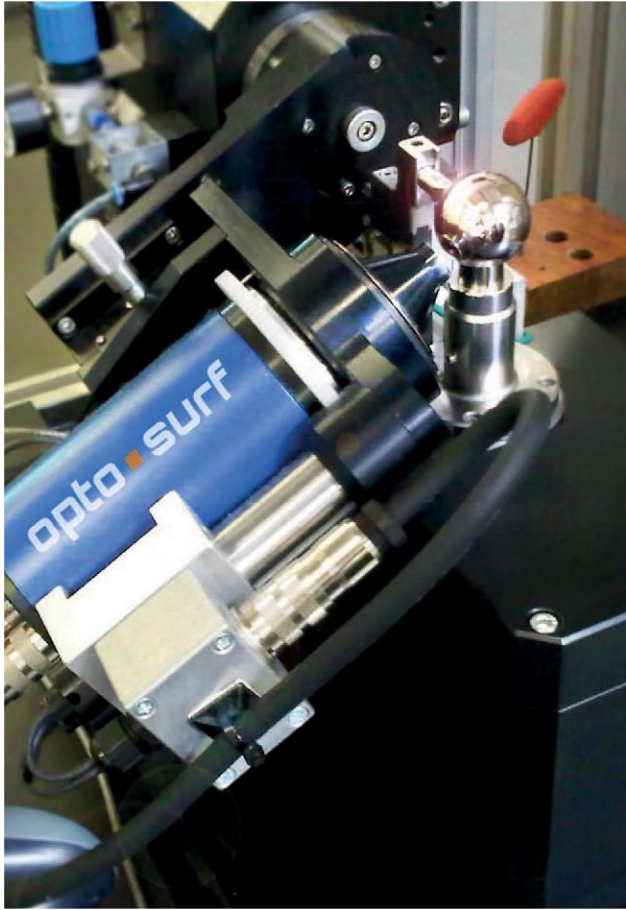
웨이브니스의 감지 및 측정은 거의 모든 어플리케이션에서 가장 우선시 됩니다. 또한 Aq 거칠기 파라미터는 톨 마모에 대한 정보를 제공하고 원하는 표면 질감을 특성화합니다.

빠른 산란광 센서를 사용하면 모든 부품을 100 % 측정할 수 있으며 필요한 경우 3D 스캔 기술을 사용하여 기능 표면 전체를 측정할 수도 있습니다.

■ Applications

- **Needle bearing rings**
Honed raceway 에서 웨이브니스 및 거칠기 측정.
최대 사이클 시간 3 초
- **Linear guides**
Entire raceway 에서 웨이브니스 및 거칠기 측정
- **Rollers**
기계 가공 중 거칠기 및 웨이브니스 측정
- **Sheet metals, strips**
압연 및 연삭 판금 표면 및 스트립 표면의 인라인 거칠기 측정

Medical Technology



Automatic femoral head measuring machine



Examples of various application possibilities

■ Measuring 100% of the Surface

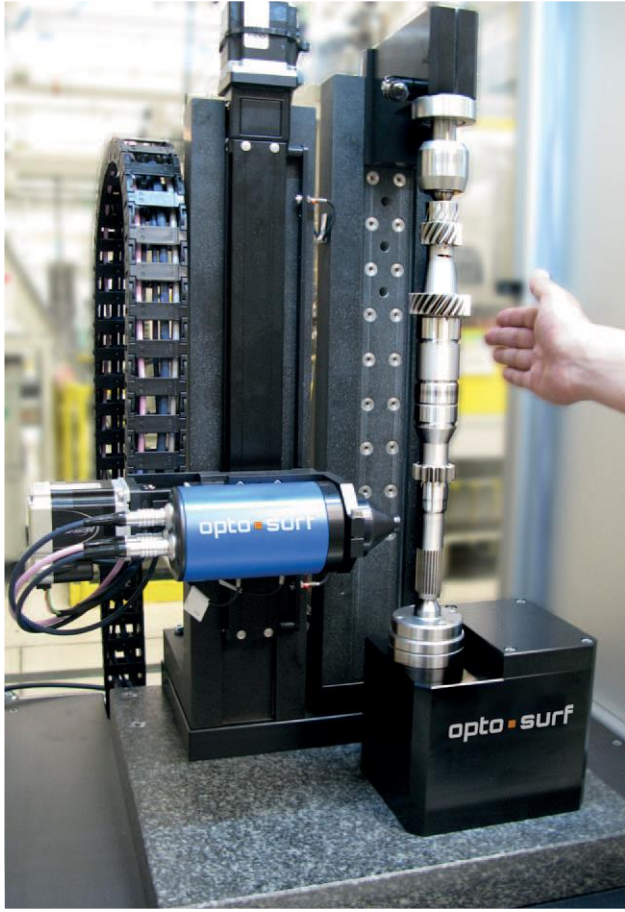
의료 기술 산업에서는 이식형 기기 (임플란트)의 표면에 대한 요구 사항이 매우 높습니다. 따라서 인공 고관절 이식형 기기의 전체 헤드 표면에는 긁힘이나 오염이 없어야 합니다. 형식 편차는 $2\mu\text{m}$ 를 초과하지 않아야 합니다.

택타일 거칠기 및 형태 측정 장치는 모든 연마된 의료 기기의 표면에 손상을 줄 가능성이 있으며 각각의 경우 기능 표면의 미세한 부분만 평가합니다. 산란광 기술은 적절한 센서의 이동을 바탕으로 짧은 시간 내에 모든 부품에 대한 100% 표면 측정을 보장합니다.

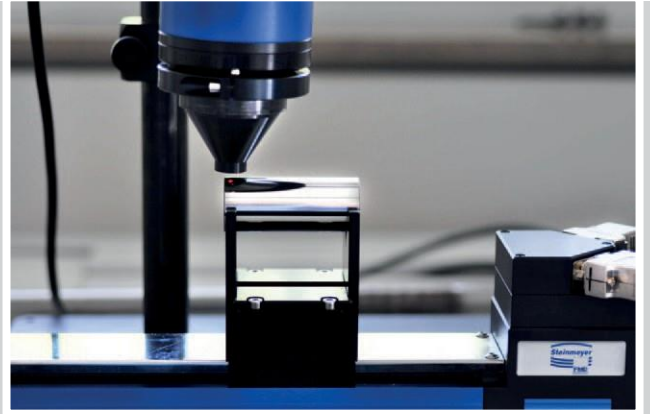
■ Applications

- **Femoral heads**
특수 측정 장치로 완벽한 거칠기, 형상 및 결함 측정
- **Nitinol tubes**
무심 연마 공정 중 거칠기 측정
- **Polished surfaces**
특수 수작업 연마 임플란트의 거칠기 측정

Measuring Systems



OptoShaft 12 shaft measuring machine



OptoScan 100 linear measuring station



Crankshaft measuring module

■ Complete solutions for Manufacturing

일부 어플리케이션의 경우 이미 다음과 같은 완성된 솔루션을 제공하고 있습니다:

- 크랭크 샤프트 베어링의 최종 품질 자동 측정 모듈

시스템은 PROFIBUS 인터페이스를 통해 회선의 PLC 컨트롤러에 통합됩니다.

- 기어샤프트의 진원도, 거칠기 및 웨이브니스에 대한 측정 장치 OptoShaft 12

이 경우 샤프트는 센터 사이에 고정됩니다. 센서는 3 포인트에서 모든 베어링을 자동으로 측정합니다. qs-Stat에 따른 데이터를 전송합니다.

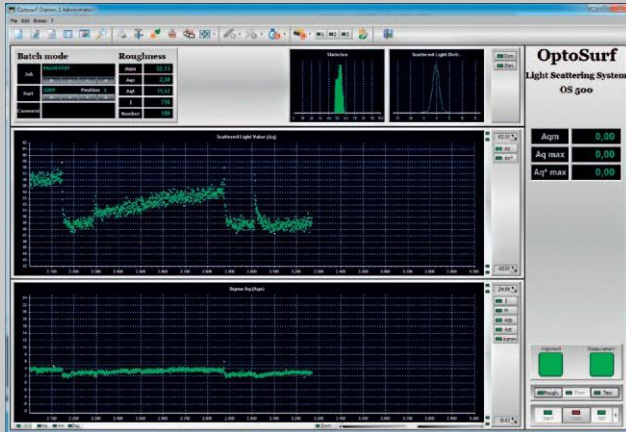
- 수평 또는 약간의 곡면의 측정을 위한 OptoScan 100 측정 장치

1 초 주기로 표면을 스캔합니다 (2D 또는 3D).

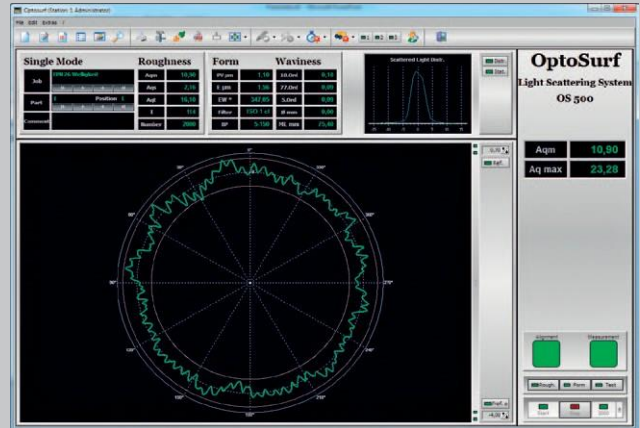
- OptoRack 07 톱니 랙 측정 장치

종단 표면의 거칠기 및 웨이브니스를 측정합니다.

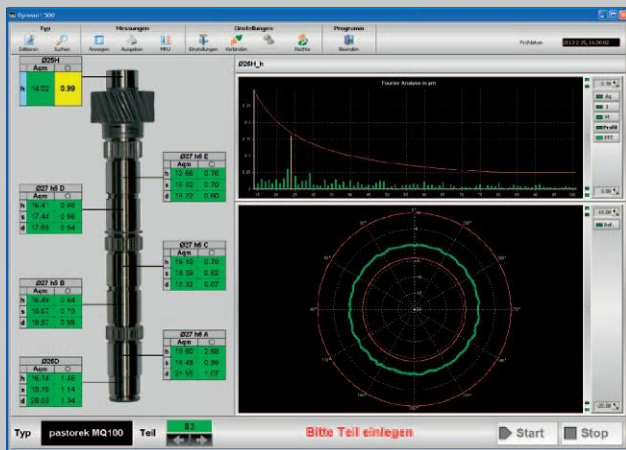
Software



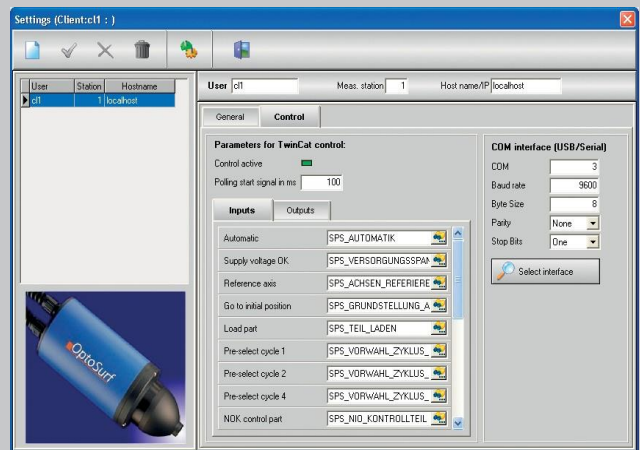
Process monitoring



Form and waviness measurement



Automatic surface measuring station



Settings for machine control

Software Characteristics

OS 500 소프트웨어는 소프트웨어를 제어하고 측정 데이터를 처리하며 그래픽으로 제시하고 SQL 데이터 베이스에 모든 데이터 (파라미터 설정 및 측정 데이터)를 저장합니다.

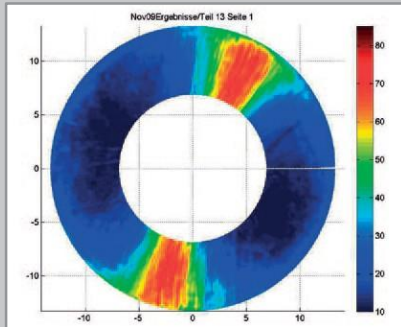
프로세스 모니터링을 위한 한계값을 입력할 수 있으며, 이 값을 초과하는 경우 신호 색상이 노란색에서 빨간색으로 바뀌거나 외부 제어 신호를 트리거 합니다. 측정 포인트 밀도, 측정 길이 및 필터 설정과 같은 파라미터의 사전 설정에 이름을 지정하여 저장할 수 있습니다.

소프트웨어는 PROFIBUS 인터페이스 등의 외부적 제어를 통해서도 장치를 구현할 수 있습니다.

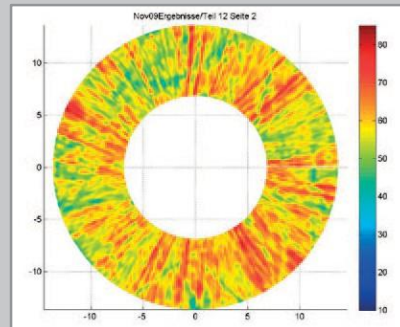
Software Characteristics

- Aq (roughness), I (reflection), M (macro-angle).
- 진원도 계산 (LSC)
- FFT 계산 (최대 500 회차 주문)
- ISO 16610 에 따른 웨이브 필터
- 선형 가이드를 위한 진직도, 웨이브니스
- VDA2007 에 따른 도미넌트 웨이브니스
- 결함에 대한 Morphological filter Aq*
- 자동 부품 감지
- Excel 데이터 전송
- qs-Stat 인터페이스
- Profibus 인터페이스

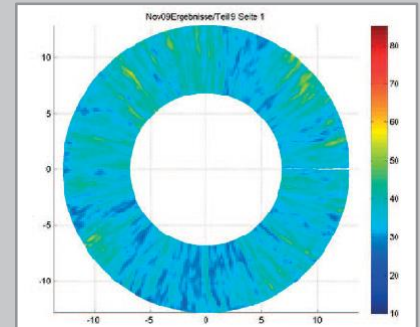
Software Module 3D



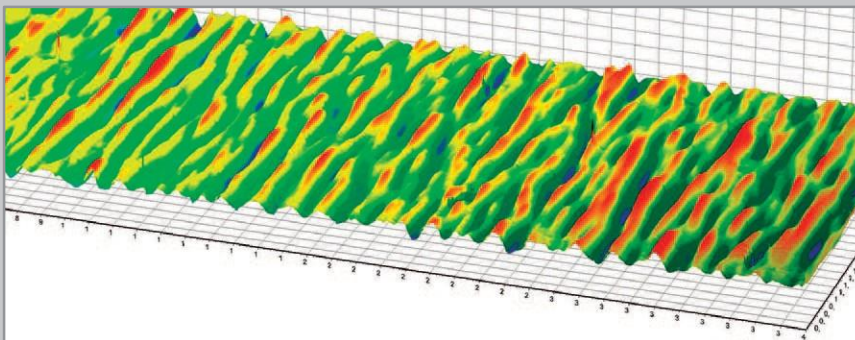
Grinding faults



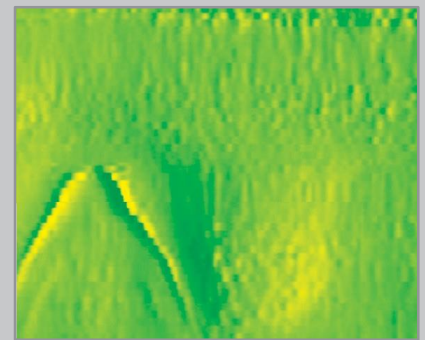
Directly after truing



Just before truing



Waviness on chromium layer



Defect on deep-drawn part

Software Modul 3D

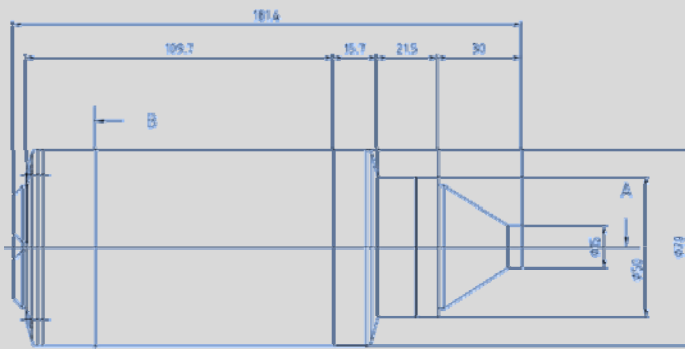
소프트웨어 모듈 SW 3D는 원통형 부품 (z/φ), 원형 운동을 하는 레벨 영역 (x/φ), 또는 직사각형 스캔을 하는 레벨 영역 (x/y)의 전체 영역에 대한 거칠기 및 웨이브니스 측정을 위해 2 개의 모터 제어를 허용합니다.

위에서 또는 투영으로 본 측정 데이터를 표현하면 Cartesian 좌표 또는 극좌표가 허용됩니다.

Presentation Possibilities

- 3D 그래픽 (Aq, I, M, WDS, PV-Form)
- 로우 데이터 표시
- 필터링 된 데이터 표시
- High-pass, Low-pass, Band-pass ISO 필터 설정

Sensor OS 500



OS 500-32



산란광 기술에 기초한 강력한 비접촉식 측정 방법

OS 500 센서는 각도 분해 산란광 기술의 원리에 따라 작동합니다. 산란광 센서는 거리 측정을 통해 거칠기와 형태를 감지하는 전통적인 표면 측정 방법과는 다르게 표면 기울기 각도를 측정합니다. 따라서, 마이크로 구조 (거칠기)를 비롯하여 매크로 구조 (진원도, 웨이브니스)도 측정할 수 있습니다. 진원도 및 웨이브니스의 측정으로 간단한 계산을 통해 마이크로 미터 단위의 편차를 바로 얻을 수 있습니다. 거칠기 평가를 위해 각도 분포에서 통계 특성 값을 참조합니다. 이 평가를 위한 특별 지침이 있습니다 (VDA 2009).

각도 측정 방법은 물리적 법칙에 의한 큰 장점이 있는데, 거리 측정 방법과는 달리 사소한 거리 변화에 민감하지 않다는 점입니다. 이는 진동이 지속적으로 존재하는 열악한 환경에서 측정 시 중요한 장점입니다.

Specifications

산란광 센서는 각도를 측정하기 때문에 측정 범위가 각도로 지정됩니다. 표준 OS 500-32 센서는 32 °의 각도 범위를 감지하고 특수 OS 500 - 16 센서는 16 °의 범위를 감지합니다. 이 센서는 매우 매끄러운 표면의 분해능이 높으며 특히 측정 거리가 표준 센서보다 훨씬 크다는 장점이 있습니다.

표준 측정 스폿 크기 (Ø)는 32 ° 센서의 경우 9mm 이고 16 ° 센서의 경우 1.8mm 입니다. 상당히 굴곡진 곡면 (작은 샤프트, 구)의 물체를 측정할 때에는 소형 측정 스폿 직경 (0.03mm 까지) 센서를 사용할 수 있습니다 OS 500 Duo 센서는 전환 가능한 측정 스폿 (0.9 mm / 0.03 mm)으로 특수 설계된 센서입니다. 샤프트 길이 (0.06 mm 까지), 거칠기 및 웨이브니스의 동시 측정이 가능합니다.

모든 측정 장치에 있어 지정된 허용 오차값에서의 측정 분해능 및 반복성은 매우 중요합니다. 여기서 산란광 센서의 훌륭한 강점이 부각됩니다. 완벽히 연마된 실리콘 표면이 비교 표준으로 사용됩니다. 거칠기는 $Ra \approx 1 \text{ nm}$ 까지 구별될 수 있으며 직진도는 50 mm 길이에서 $0.03 \mu\text{m}$ 미만입니다. cg 값에서의 반복 측정 결과는 1.33 이상 입니다.

센서에는 하드웨어 트리거 인풋이 있어 폼 측정 또는 기계에서 사용할 수 있습니다. 이 센서는 생산과정에서 흔히 발생하는 스프레이 물과 진동에 강합니다. 액세스가 어려운 측정 지점 (tooth flanks, bores 등)을 위한 다양한 광학 어댑터도 준비되어 있습니다

액세스가 어려운 측정 지점 (tooth flanks, bores 등)을 위한 다양한 광학 어댑터도 준비되어 있습니다.

센서를 작동하기 위한 시스템 컨트롤러 (PC)는 표준 PC 또는 노트북으로 충분합니다. OptoSurf는 컴팩트한 팬리스(fanless) 산업용 PC도 제공합니다.

Measuring principle	angle-resolved scattered light (ARS) method
Measured value - roughness	Aq, variance of the scattered light distribution (VDA 2009)
Measured value - form	macro angle M (conversion in μm)
Measuring range - roughness	$1.6 < Aq < 100$ (approx.: $0.05 \mu\text{m} < Rz < 3 \mu\text{m}$ transverse) (approx.: $3 \mu\text{m} < Rz < 30 \mu\text{m}$ longitudinal)
Measuring range - form (32°) +/-	5.7° form angle range
Measuring range - form (16°) +/-	2.8° form angle range
Measuring rate	max. 2,000 measurements/s
Measuring spot Ø (32°)	0.9 mm, 0.3 mm, 0.03 mm
Measuring spot Ø (16°)	1.8 mm, 0.6 mm, 0.06 mm
Measuring distance (32°)	5 mm standard (to 25 mm special) Me
asuring distance (16°)	50 mm standard (to 90 mm special) Di
mensions, weight (32°)	length: 182 mm, Ø: 70 mm, G: 0.75 kg
Dimensions, weight (16°)	length: 224 mm, Ø: 70 mm, G: 0.9 kg
Connections	power supply (110-220V), USB, Trigger (5-24V)
Degree of protection	IP 65

System controller SC - PI

Type	compact industrial PC (fanless)
Dimensions	200 x 300 x 100 (W x D x H mm)
Hardware, software	Intel Dual Core processor, 160 GB HD operating system: Windows XP Prof.
Monitor, keyboard	17" standard TFT with touch pad
Alternatively	All in One Touch Panel PC

Optics adapter (details on request)

for bores

for tooth flanks

for narrow points

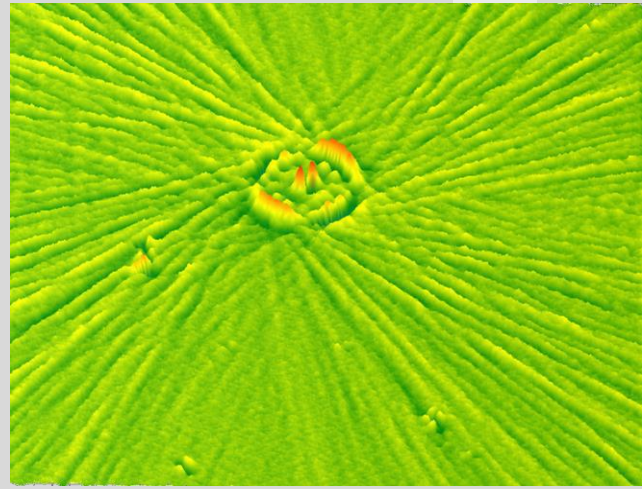
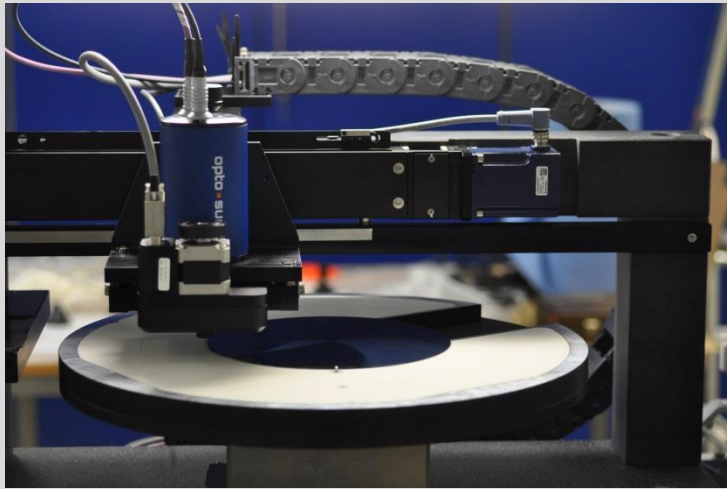
Sensor holders (details on request)

Simple holder with cross-piece (6 levels of freedom)

Magnetic stand for flexible mounting in machines

Precision holder with rotary sensor device

WaferMaster WM-300



독립형 웨이퍼 검사장비 Roughness, Warpage, Waviness

- 신속성
- 정확성
- 견고성

WaferMaster WM 300은 뒷면 연삭 웨이퍼의 거칠기, 뒤틀림 및 웨이브니스를 측정하는 새로운 방법입니다. 이 시스템은 OS 500 계측기의 산란광 기술을 사용하며, 이 기술은 이미 초전도 및 의료용 광택 처리된 고품질의 금속 표면의 표면 측정에서 입증되었습니다. 본 시스템은 빠른 측정 속도로 1 분 이내에 전체 웨이퍼 표면을 측정할 수 있습니다.

백그라인딩 공정

처리된 웨이퍼의 박판화 절차는 백엔드 반도체 산업에서 표준 방법입니다. 50 μ m 이하로 얇게하는 경향은 표면 손상과 잔류 응력을 피하기 위해 정밀한 연삭 기술을 요구합니다. 이것은 웨이퍼 표면의 거칠기가 균일해야 하고 매우 얇은 웨이퍼의 Ra 값이 약 1 ~ 3 nm를 초과하지 않아야 함을 의미합니다.

측정 기술

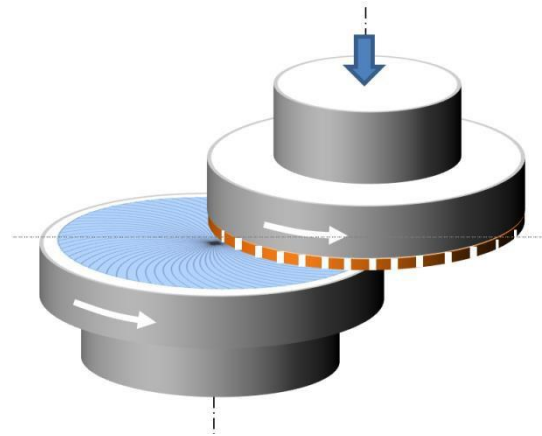
WaferMaster WM 300은 척에 위치한 웨이퍼가 약 60 rpm으로 회전하고 산란광 센서가 표면 위의 수직 5 mm 위에 위치하는 스캐닝 장치입니다. 센서는 회전중인 웨이퍼 중앙쪽으로 단계별로 이동합니다.

시스템은 설정에 따라 약 1-10 분이 소요되는 70,000 ~ 700,000 개의 단일 조도 측정을 기록합니다. 동시에 센서는 뒤틀림과 웨이브니스 계산의 기초가 되는 표면 Slope를 측정합니다.

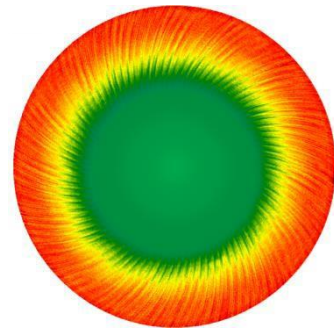
측정 결과

센서는 산란광 표면거칠기값 Aq, 매크로 경사 각도 M (뒤틀림과 웨이브니스가 계산됨) 및 강도 I를 측정합니다. I 값은 베어 웨이퍼 산란광 측정 시스템에서 알려진 TIS 값과 관련됩니다.

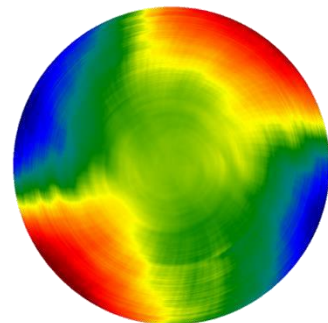
러프니스 맵에서 색상은 높고 낮은 거칠기 영역을 나타냅니다. 광학 거칠기 값 (Aq)은 산란광 분포 곡선의 계산된 통계값 (분산)입니다. 알려진 Ra- 값과의 상관 관계에 따라 Aq를 Ra로 전환할 수 있습니다. 이는 가공 공정이 변경되지 않는 한 유효합니다. 뒤틀림 계산은 Deflectometry에 기초하며, 여기서 1차 값은 슬로프 각이고 웨이브니스는 가우스 필터 기술 (ISO 16610)에 의한 뒤틀림으로부터 유도됩니다.



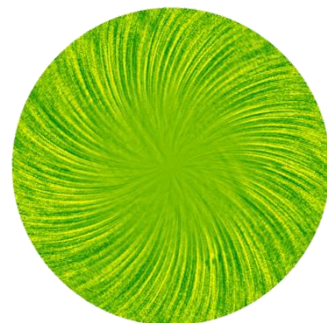
Grinding disc thins the backside of a wafer



Roughness Ra: 14 nm (red); 8 nm (green)



Warpage : +20 μ m (red); -20 μ m (blue)

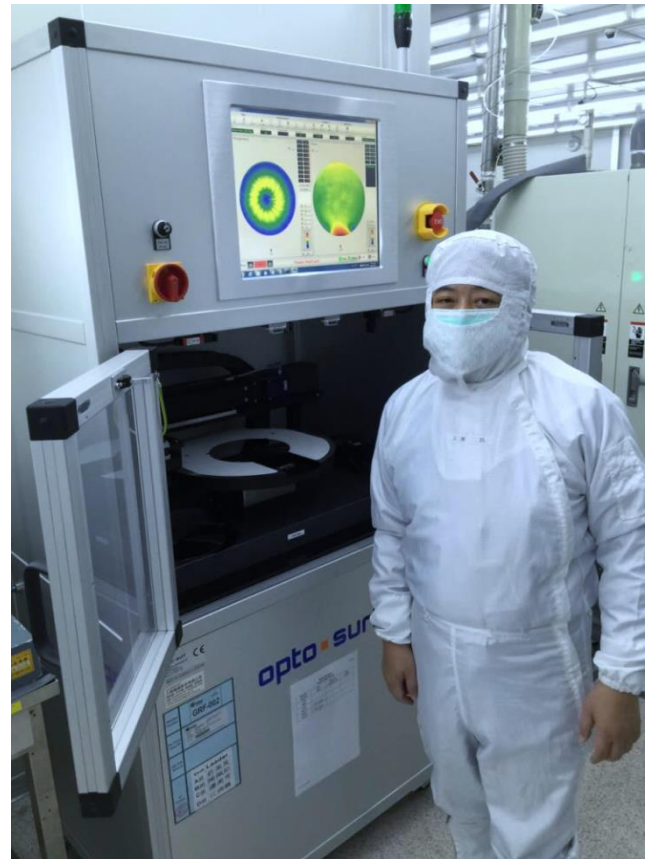


Waviness: +10 nm (yellow); -10 nm (green)

Specifications

SYSTEM

Measurement Principle	Non-contact ARS scattered light with 670 nm LED (0.9mm)laser
Light source	LED 670 nm with 0.9 mm spot size Option: Laser with 0.03 mm spot
Measurement Technique	Scanning by Wafer rotation and linear Sensor movement
Data rate	2000/s
Wafer Size	max. 300 mm
Throughput	≈ 60 s for full area scan 300 mm
Rotary Axis	direct-drive, ironless tilt error < 5 arc sec
Linear Axis	direct-drive, ironless tilt error < 10 arc sec
Rotary Axis sensor	to follow the orientation of the grinding marks
PC-System	fan less embedded PC Windows 7
Interface	SECCS/GEM
Housing	≈ 700/700/1800 (mm, L/W/H)
Weight	≈ 100 kg
Anti-Vibration	not necessary



WM 300 반자동 측정기. 수동로드. 자동 측정

PERFORMANCE ROUGHNESS MEASUREMENT

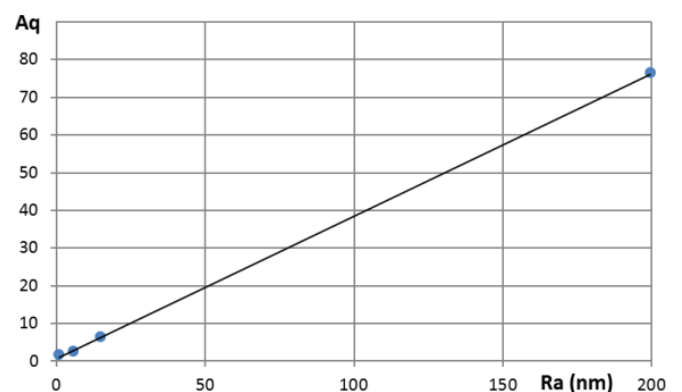
Measurement Range (Ra)*	≈ 1 nm – 200 nm
Calibration Standard	1 nm Ra
MSA Test (Type 1)	Capability cg > 1,33 (50 measurements on 1 nm standard)

PERFORMANCE FORM MEASUREMENT

Measurement Range**	Angle -12° ... + 12° (0,01 μm – 4 mm)
Waviness	down to 1 nm lateral resolution < 60 μm

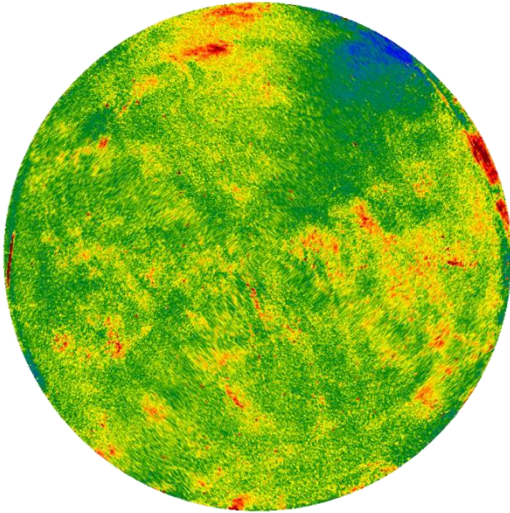
* The Ra values are based on correlation measurements with high precision topography measurement systems.

** 4 mm means a height of 4 mm on a 20 mm basis (local measured angle 11°).

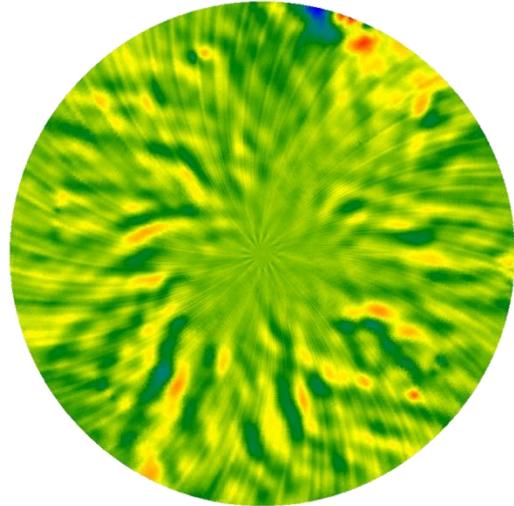


광학 조도 값 Aq와 프로파일 미터 값 Ra의 상관 관계

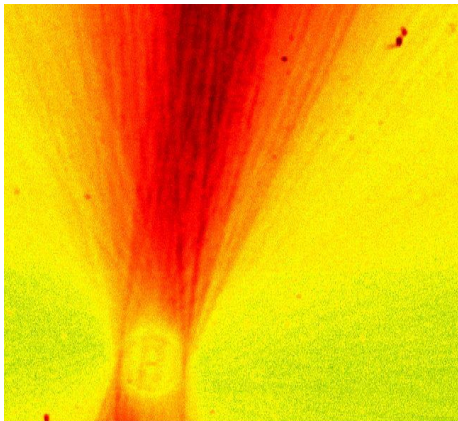
측정 사례



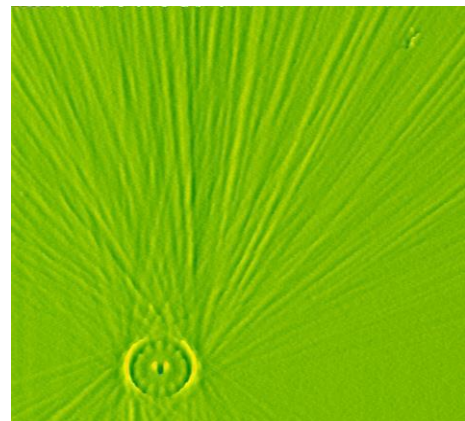
200mm 웨이퍼의 거칠기 측정. 평균 $Ra \approx 2 \text{ nm}$ (적색 : 3 nm, 녹색 : 2 nm 청색 : < 1 nm)



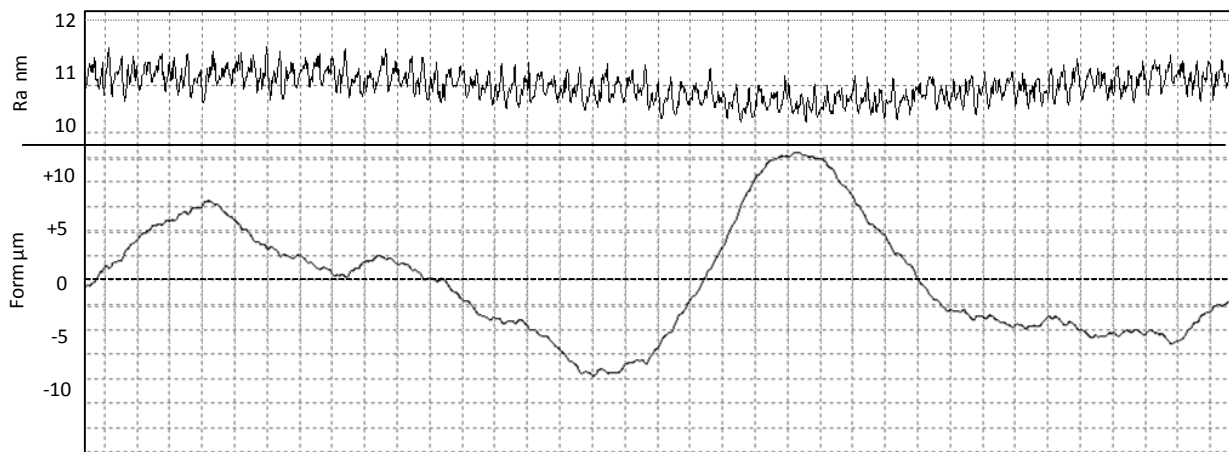
동일한 웨이퍼의 주름 측정 (좌) 주름 진폭 50 nm



고해상도 거칠기 측정 6 nm Ra 웨이퍼의 중심에서 20 x 20 mm 면적



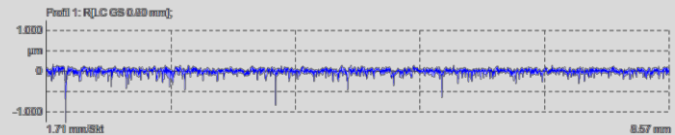
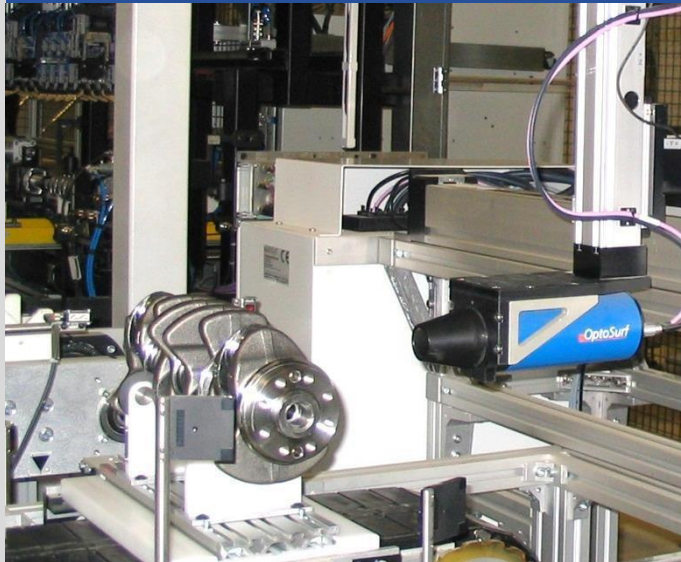
동일한 웨이퍼의 고분해 웨이브니스 측정 (왼쪽)



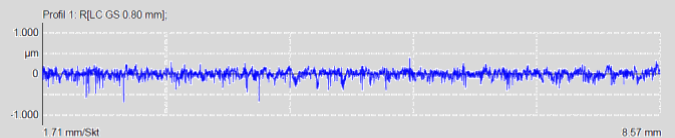
300mm 웨이퍼의 반경 75mm (360°)의 원주에 대한 프로파일 측정 (위: 거칠기, 아래: 뒤틀림)

Crankshaft bearing

Superfinish quality control



$R_k = 0.12 \mu\text{m}$ $A_q = 31.1$



$R_k = 0.21 \mu\text{m}$ $A_q = 51.7$

어려운 환경에서도 실현 가능한
측정 기술

크랭크 샤프트의 베어링 시트는 마찰 및 마모와 관련하여 영구적으로 높은 수준을 요구합니다. 기능 표면(function surface)에 부여되는 요구 수준이 매우 높기 때문에 거칠기 값은 $1\mu\text{m}$ (R_z) 보다 현저히 낮아야 합니다. 이 값은 연삭 후 거칠기의 피크를 없애고 큰 베어링 비율을 보장하는 스트립 마감 처리를 함으로써 얻을 수 있습니다. 베어링 비율에 해당하는 텍타일 특성 값은 R_k 또는 R_{3k} 입니다.

하지만 생산 과정에서 드로잉에 따라 요구되는 거칠기를 측정하기란 쉽지 않습니다. 프로파일 장치로 거칠기 프로파일을 기록하고 분석하는 기존 방법은 작은 진동이라도 신호 잡음의 증가로 인해 거칠기 값이 $R_k < 0.3 \mu\text{m}$ 인 경우 문제가 됩니다. 때문에 프로파일 방법은 정교한 진동 차단 ($C_g > 1.33$)을 사용한다 해도 더 이상 측정 시스템 분석을 수행할 수 없습니다. 결론적으로 생산 관련 공정에서 거칠기를 측정할 수 있는 강력한 방법이 절실한 실정입니다.

산란광 센서를 사용한 결과

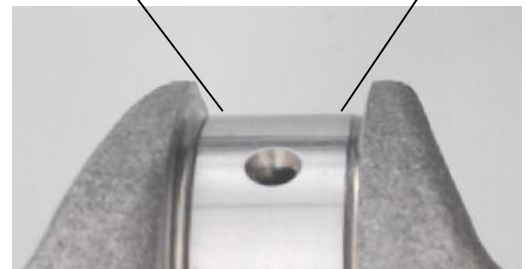
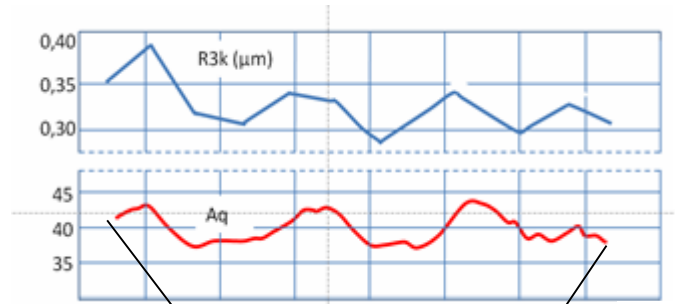
산란광을 이용한 방법은 진동에 둔감하며 정밀하게 가공된 표면의 거칠기를 구별할 수 있기 때문에 가장 유리한 선행 조건을 갖습니다. 또한, 초당 최대 2,000 회의 측정이 가능하므로 전체 기능 표면을 신속하게 평가할 수 있습니다.

Daimler에서는 산란광 센서를 도입할 당시, 기존에 사용한 거칠기 파라미터 R3k 와의 상관 관계 설정을 목적으로 광범위한 비교 측정을 실행했습니다. 이 파라미터는 3 가지 - Rpk(감소된 피크 값), Rk(코어 거칠기 깊이), Rvk(감소된 스코어 깊이) - 를 더한 베어링 비율 곡선으로부터 결정됩니다.

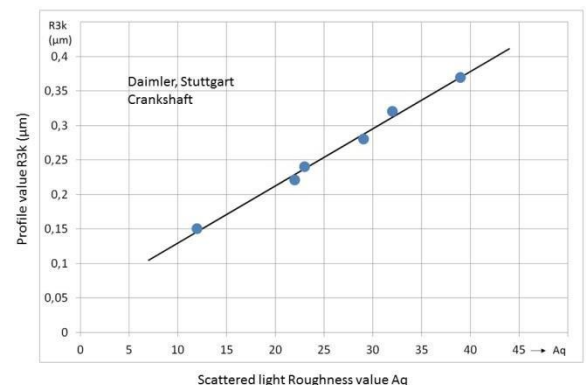
위 그림은 베어링 시트의 비교 측정 값을 보여줍니다. 베어링의 전체 너비에 걸쳐 같은 지점에서 두 가지 방법으로 측정했습니다. 두 가지 측정 수단에 따른 국지적 표면거칠기 평가(좌측 구석에서 중앙을 지나 우측 구석까지)는 로컬 폭 위에서 확실하고 사실적으로 측정되고 똑같은 작은 차이만 보입니다.

이러한 변동은 균일하지 않은 마감 공정에 기인한 것입니다. 하단의 이미지에서 보다 넓은 거칠기 영역에 대한 상관 관계를 확인할 수 있습니다. 프로파일 방법과 산란광 방법 비교 시 $0.15 \mu\text{m} < R3k < 0.4 \mu\text{m}$ 의 제조 한계 내에서 매우 좋은 상관 관계가 확인됩니다.

반복된 측정 결과값은 산란광 방법의 우수성을 입증합니다. 50 회 반복 측정시 cg 값은 요구 값인 1.33 보다 유의하게 높습니다.



베어링 폭에 대한 거칠기 곡선 (택타일 측정 R3k, 광학 측정 Aq)

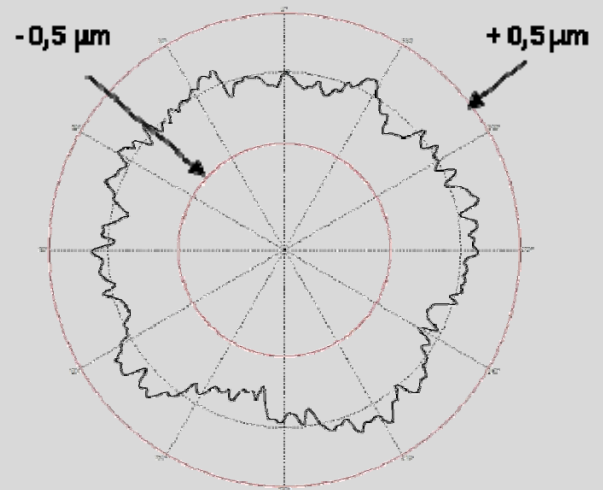
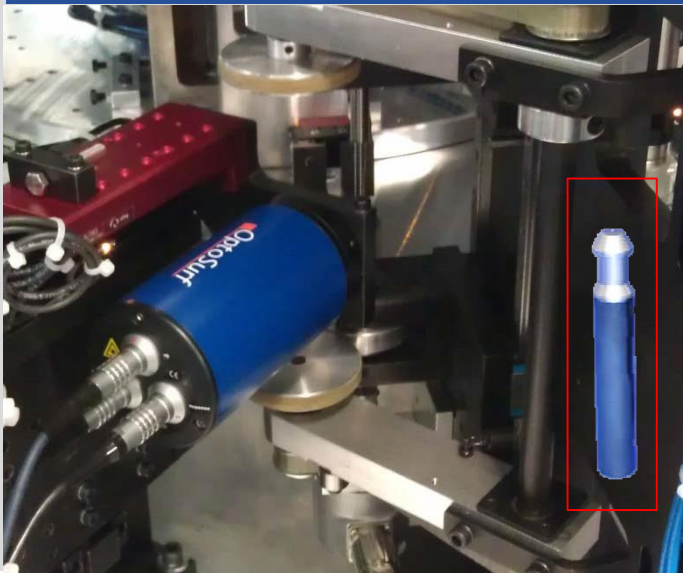


상관 관계 다이어그램 :

Superfinish. Investigations of Tobias Hercke, Daimler.

Measuring machine

Roundness/roughness measurement in 1-second cycles



사례: 펌프 피스톤의 100% 측정

자동 측정 기계에서 일반적으로 사용되는 택타일 또는 이미지 처리, 치수 측정 작업 외에도 거칠기 및 진원도 측정이 자주 요구됩니다. 하지만 이에 적절한 측정 장치는 초 단위로 요구되는 사이클 시간에 접근하지 못하고 또한 진동에 매우 민감하기 때문에 기존의 택타일 또는 광학 방법으로는 측정이 불가능합니다.

오직 산란광 센서만이 핸들링 시스템으로부터의 간섭 진동에 대해 요구되는 측정 속도 및 둔감도를 달성합니다.

OS 500 센서는 측정 기계에 쉽게 통합되고 Profibus 를 통해 제어될 수 있습니다. 인코더가 있는 정확한 회전축만 있으면 진원도 측정이 가능합니다.

진원도의 정확도는 $1\mu\text{m}$ 미만 입니다. 또한 센서가 선형으로 움직이는 경우에는 전체 표면 거칠기 (A_q)를 측정하고 표면 결함을 감지할 수 있습니다.

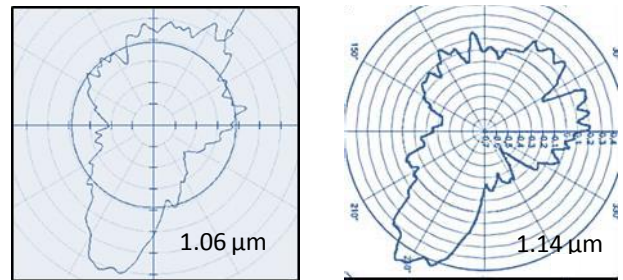
Results

각각의 사용 전에 실험실에서 비교 측정이 실행됩니다. 이 경우에는 Mahr MFU 진원도 측정기를 사용합니다. 오른쪽의 예제 (스크랩 부분)를 보면 진원도와 프로파일 양식이 모두 표시됩니다. 측정 대상은 진원도가 $0.7\ \mu\text{m}$ 인 작은 정밀 피스톤입니다. 사이클 시간은 부품 처리 및 부품 회전을 포함하여 10 초 입니다. 이 때 진원도는 3 포인트에서 측정되고 거칠기는 진원도 측정점 사이의 나선을 따라 측정 됩니다.

오른쪽 중앙의 이미지는 두 지점에서 경계의 거칠기 곡선을 보여줍니다. 표면 굽힘으로 인한 결함은 지점 2 를 측정할 때 명확하게 나타납니다.

아래 그래프는 $2.2\mu\text{m}$ 와 $0.3\mu\text{m}$ 사이의 진원도가 다른 25 개 부품에 대한 비교 측정 값입니다. 당연히 MFU 정밀 형태 측정 기계로 텍타일을 측정하는 시간은 진원도 측정에 1 초 미만이 걸리는 광학 측정보다 더 높은 배수입니다.

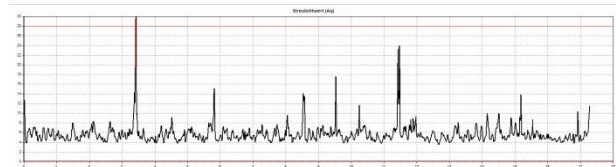
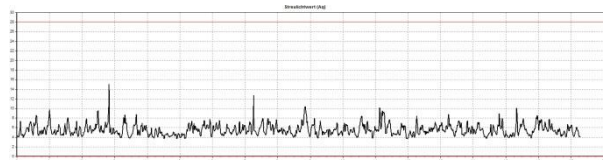
Roundness (LSC)



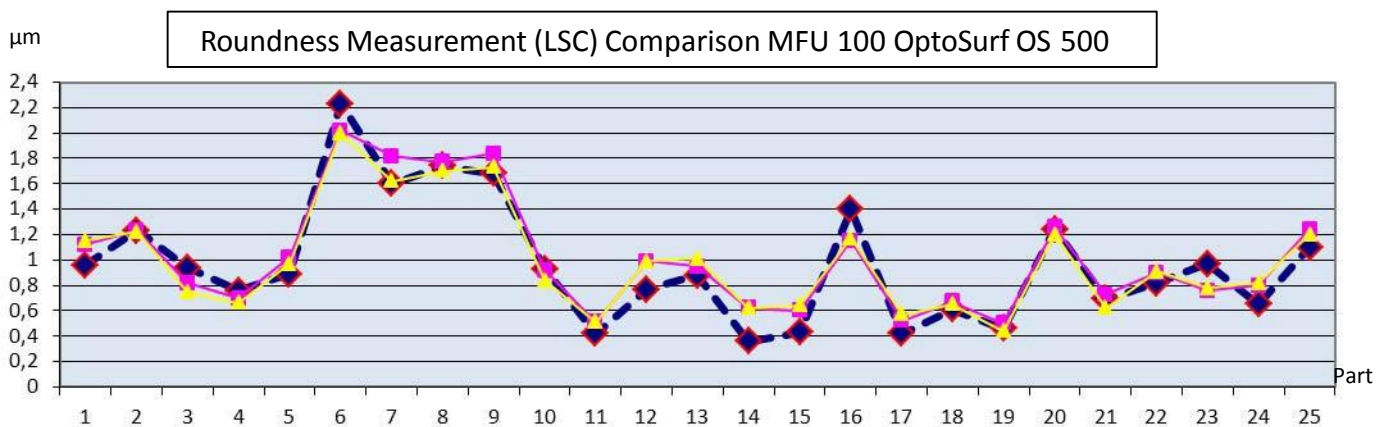
Comparative measurements, roundness:

left - tactile measurement (Mahr)

right - measurement with OS 500



Roughness curve Aq over the perimeter measuring point 2 (scratches)

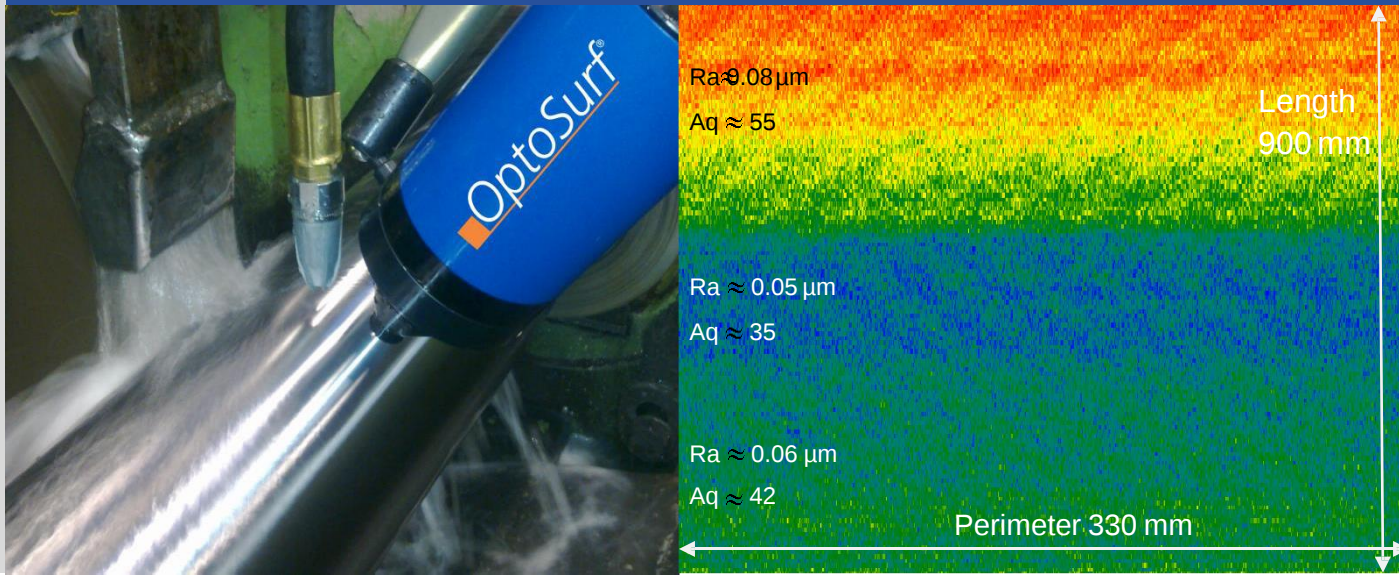


Comparison of 25 components of different roundness. Tactile (MFU), optical (OS 500)

blue: MFU test measurement; red: OS 500 measurement in the automatic measuring system in production; yellow: repeated measurement OS 500

Rolls

Roughness, roundness waviness



가공 공정 시의 측정

고정밀 연마 또는 마감 처리된 스틸 롤은 금속 스트립 (알루미늄, 강철, 구리)의 스킨 패스 롤링(skin-pass rolling)에 중요한 역할을합니다. 정밀 롤은 인쇄 및 호 일 업계의 생산에도 사용됩니다. 표면은 공정 단계에서 일정 수준으로 마모되기 때문에 롤을 정기적으로 점검하고 재연마 해야 합니다.

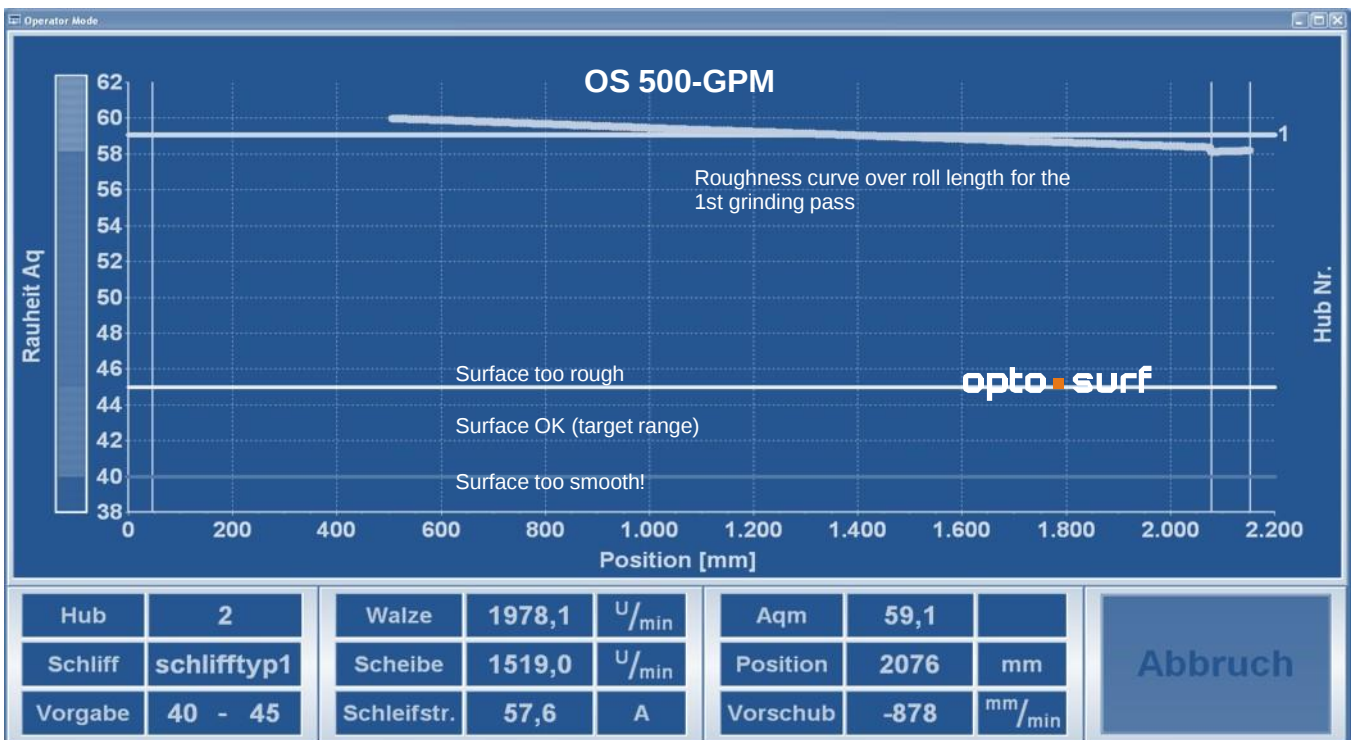
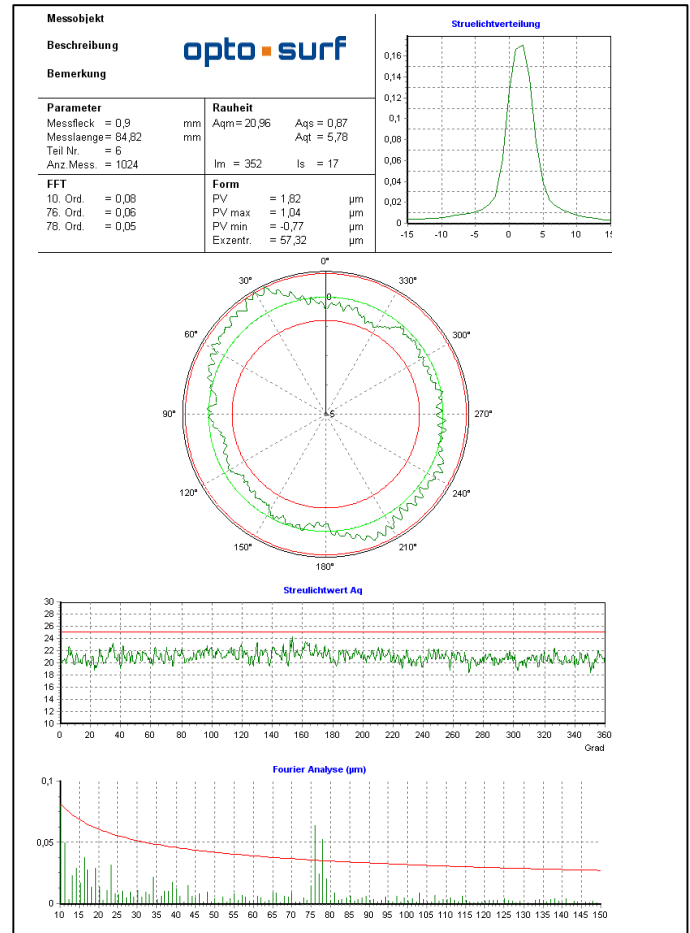
이와 관련하여 표면 품질에 대한 중요한 기준은 롤의 조도와 진원도입니다. 현재의 시간 집약적인 방법 (프로파일 장치 및 수동 진원도 측정 사용)으로는 표면의 미세한 선 모양의 절단만이 감지되며, 가장자리에서 중간까지의 차이를 감지할 수는 없습니다.

OptoSurf OS 500 산란광 측정 기술은 롤에서 거칠기를 빠르고 정확하게 실행 및 측정할 수 있습니다. 표면이 공기 또는 와이퍼에 의해 깨끗하게 유지되는 경우에는 연속 공정 중에도 측정이 가능합니다. 롤의 전체 표면을 검사할 수 있다는 점이 흥미롭습니다. 따라서 표면 조도 (surface presentation)에서 상이한 거칠기 영역 뿐만 아니라 결함 및 질감까지 확인할 수 있습니다 (상단 오른쪽 이미지).

Results

센서는 안정적인 고정 장치가 있는 연삭기의 지지대에 간단하게 장착됩니다. 표준 PC가 데이터를 기록하고 SW 500 소프트웨어는 VDA 2009 에 따라 거칠기 Aq 를 결정합니다. 1 페이지에서 알 수 있듯이 프로세스가 일관성을 유지하는 한 Aq 값은 Ra 또는 Rz 값과 관련이 있습니다. 너무 매끄러운 표면에서의 텍타일 측정은 확신할 수 없지만 Aq 값은 매우 안정적입니다. 회전에서 엔코더 신호를 사용할 수 있거나 동심도(concentricity)가 균일한 경우 진원도 및 웨이브니스를 측정할 수 있습니다. 오른쪽 사진은 전형적인 결과를 보여줍니다. LSC 계산에 따른 진원도는 $1.8 \mu\text{m}$ 이며, 76 차 진폭 $0.06 \mu\text{m}$ 의 웨이브니스를 확인할 수 있습니다. 평균 거칠기 (여기서는 주변 방향)는 $Aq = 20.9$ 입니다.

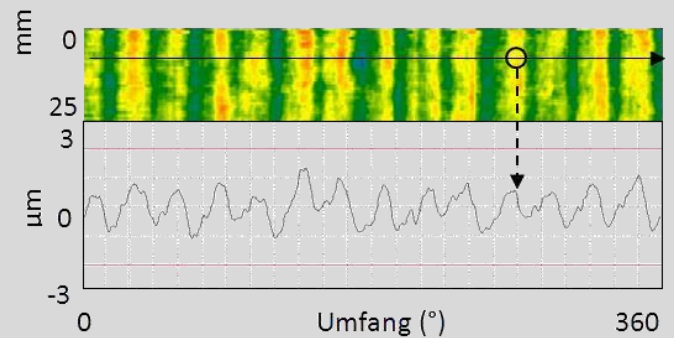
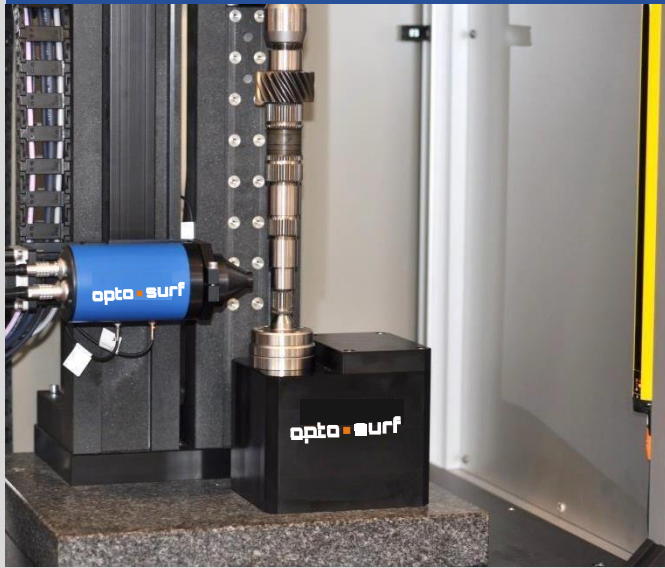
자동 OS 500-GPM 소프트웨어는 특수성을 제공합니다. 연삭 디스크 이동과 데이터 기록을 기계로 제어하여 연삭 공정을 지속적으로 모니터링 할 수 있습니다. 따라서 연삭 마스터는 연삭 사이클 당 거칠기를 목표 범위로 모니터링 할 수 있습니다.



Measurement report: Roundness (LSC), roughness, waviness

Waviness

Fast measurement in production



서브 마이크로 미터 범위에서의 채터 마크 측정

변속기 샤프트 및 엔진 샤프트의 베어링 시트는 진원도, 거칠기 및 웨이브니스에 있어 높은 수준을 요구합니다. 이와 관련하여 웨이브니스는 마모됨에 따라 소음 및 거칠기가 심해집니다. 이러한 채터 마크의 형성은 연삭 공정에서 예측될 수 없기 때문에 정식 허용 오차에 대한 100 % 테스트를 통해 기어 박스 및 엔진 내 결함이 있는 부품의 설치를 방지할 수 있습니다.

산란광 측정 기술은 어려운 환경에서도 사용될 수 있습니다. 1 초에 1 ~ 3 μm 의 범위에서 진원도를 측정할 수 있으며, 이 과정에서 0.01 ~ 0.5 μm 의 진폭을 갖는 주기적 파형을 감지합니다. 추가적인 거칠기 측정을 통해 연삭 기계를 제어할 수 있습니다. 필요한 경우에는 전체 기능 표면을 측정할 수도 있습니다 (오른쪽 상단 이미지).

산란광 센서 사용 결과

OS 500 은 대부분의 precision axes 에 장착할 수 있습니다. 등거리 측정의 경우 센서 트리거링에는 엔코더 신호가 필요합니다. OptoSurf 는 자동 샤프트 측정기인 OptoShaft 12 를 통해 적절한 솔루션을 제공합니다. 직경에 따라 최대 4,096 개의 측정 포인트(표면의 국부적 경사각)가 감지될 수 있으며, 소프트웨어는 이를 원형 다이어그램으로 변환합니다.

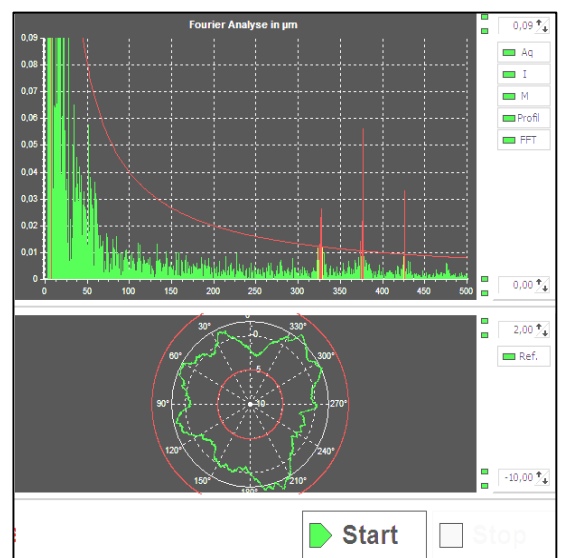
푸리에 분석을 통해 주기적 구성 요소가 결정되고 (순서 및 진폭) 다이어그램 또는 숫자 값으로 출력됩니다. 이 측정 방법은 표면의 거칠기를 동시에 감지할 수 있기 때문에 원주에 대한 연속 거칠기 정보를 자동으로 얻을 수 있습니다.

이와 관련된 산란광 측정 기술의 특수성은 가공 방향의 거칠기를 감지한다는 것입니다. 이는 연삭 기계의 동적 특성 및 마찰에 대한 표면 기능의 중요한 지표가 됩니다. 상관 측정이 프로파일 디바이스로 사전 실행되는 경우, 특성 값 Aq 는 공지된 제조 공정에서 피크 대 밸리 값인 Ra 또는 Rz 와 비교될 수 있습니다. 그러나 Aq 값 또한 잘못된 드레싱 및 냉각제 문제로 인한 표면 질감 및 결함의 변화에 반응합니다.

오른쪽의 예는 채터 마크가 370 번째이며 진폭이 $0.05\mu m$ 인 변속기 축을 측정한 것입니다. 진원도 (Peak to Valley) PV 는 $2.49\mu m$ 입니다.



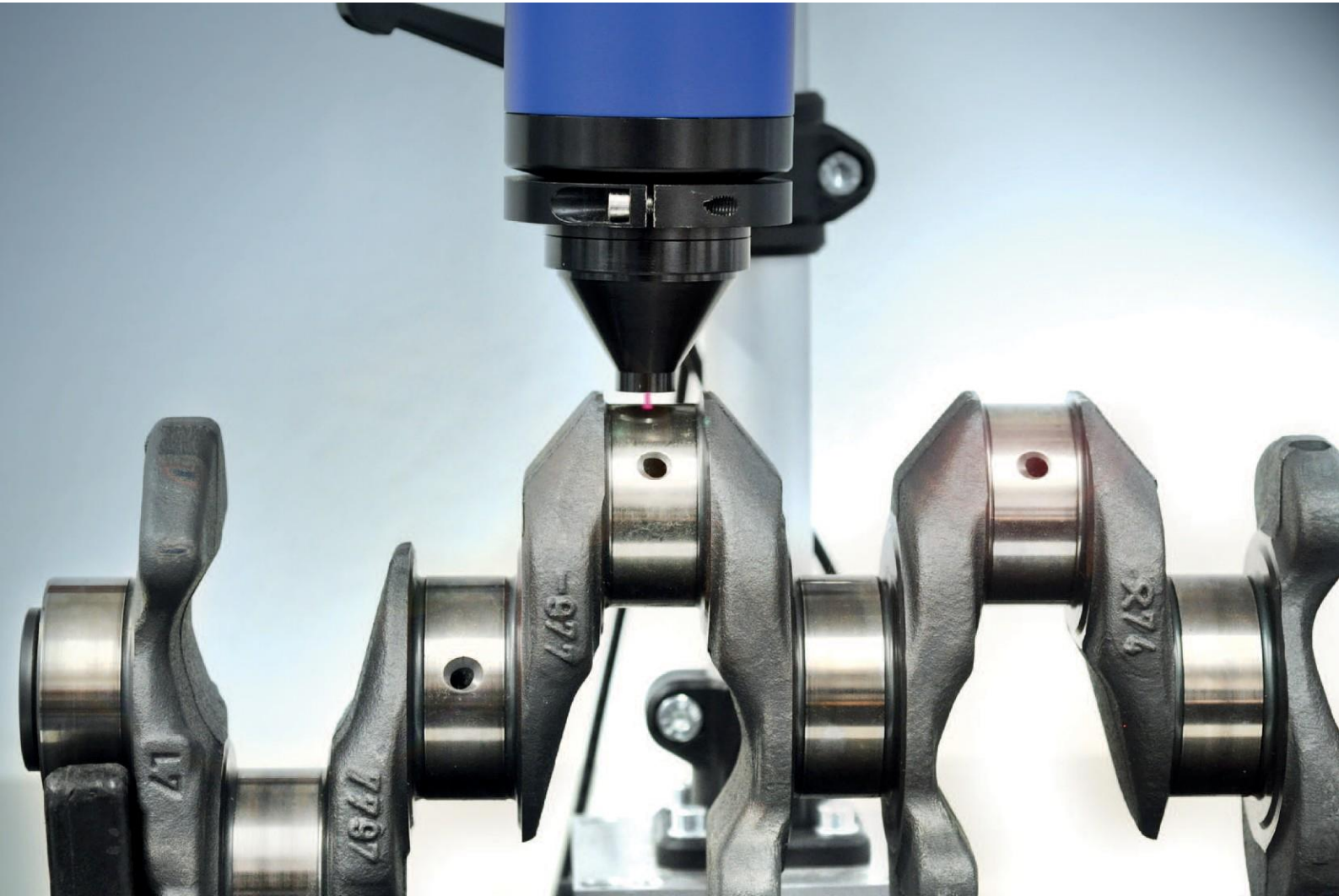
OptoShaft 016



진원도 및 FFT 결과

Optical Surface Measurement with Scattered Light

Fast | Robust | High Precision



sunden
F.A. SOLUTIONS

썬덴코리아(주)

서울시 송파구 송파대로 167
테라타워 B동 1213호 우)05855

Tel.: 02-2052-3600

Fax: 02-2052-3609

Email: sales@sunden.co.kr

Internet: www.sunden.co.kr