



***WATTPILOTE***



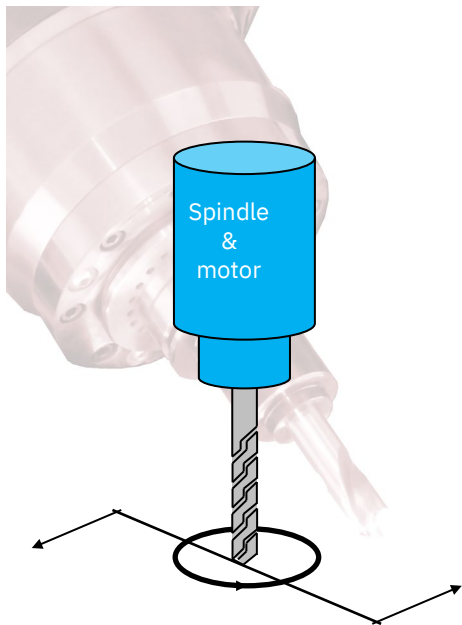
**Digital Way Asia**

WORLDWIDE LEADER IN POWER MONITORING



## ► Sensitivity of WattPilote system

**전력량 측정을 통한 모니터링** Monitoring by measurement of the electric quantities



**가공 중에는 순간적인 절삭력이 공구 구동 모터로 전달됩니다.**

During machining, the **instantaneous cutting effort** is reflected to the tool driving motor.

**스핀들 모터는 전력을 기계 동력으로 변환합니다.**

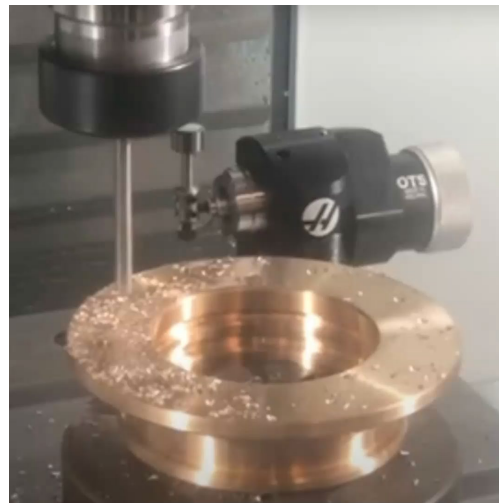
The spindle motor transforms the **electric power** into **mechanic power**.

**완전한 가공을 실현하려면 스핀들 모터가 작업을 수행해야 하며, 이는 곧 에너지를 흡수한다는 의미입니다.**

To realize a complete machining, the spindle motor must bring work, that means it absorbs **energy**.

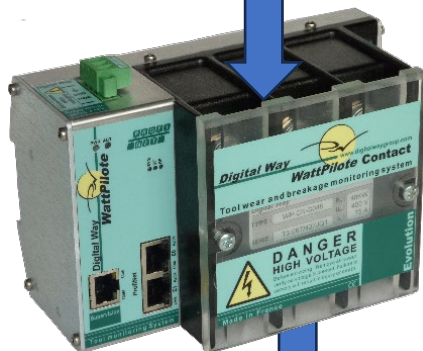


## SPINDLE POWER LOAD



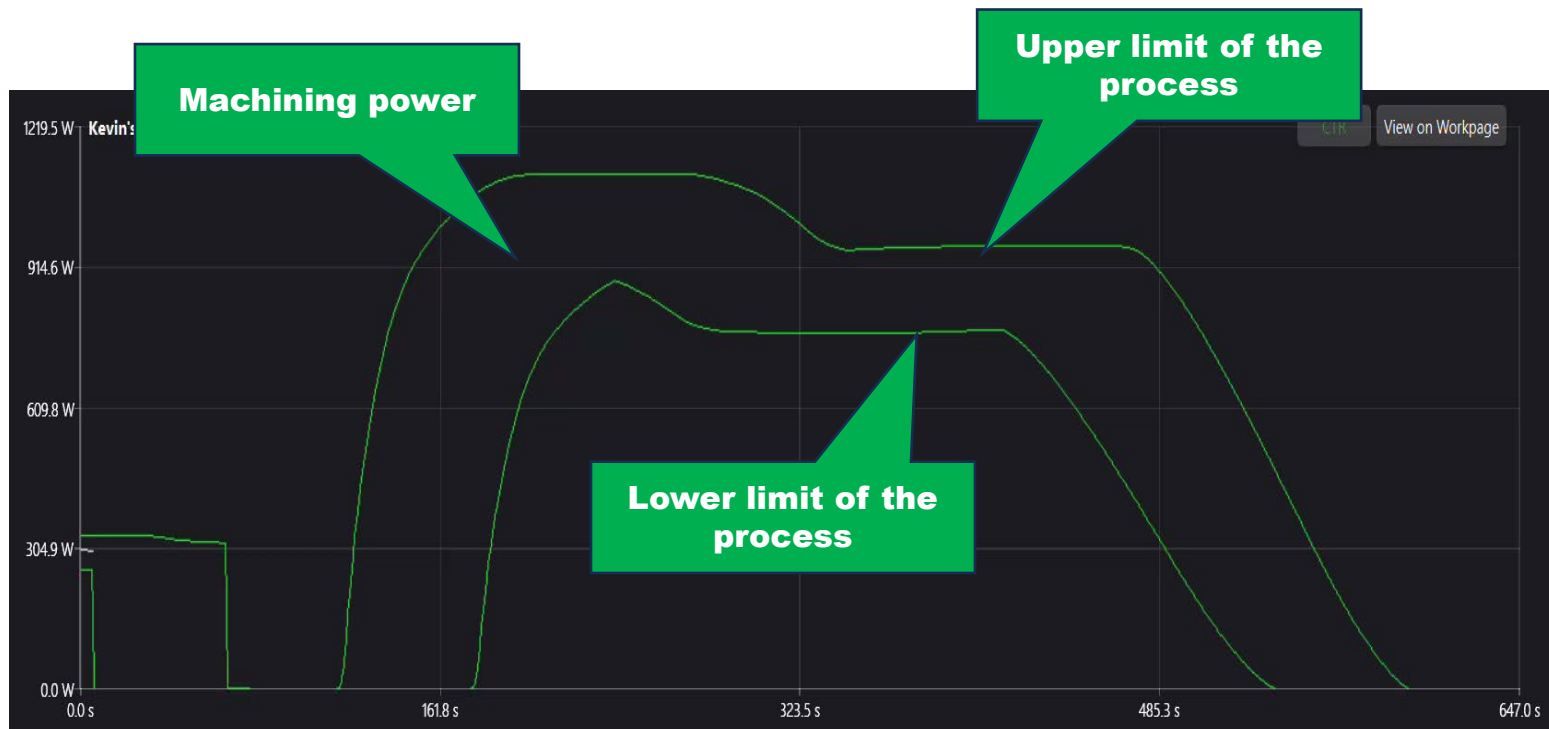


## INSTALLATION IN THE ELECTRICAL CABINET





## MACHINING MONITORING

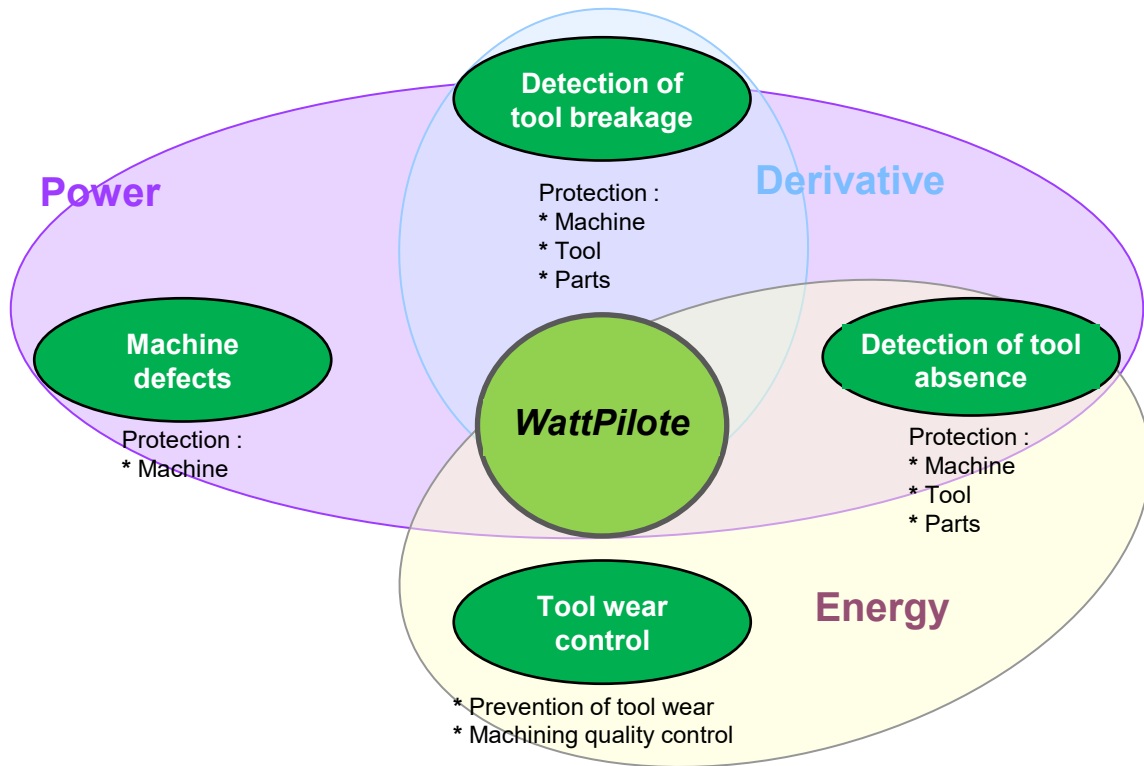


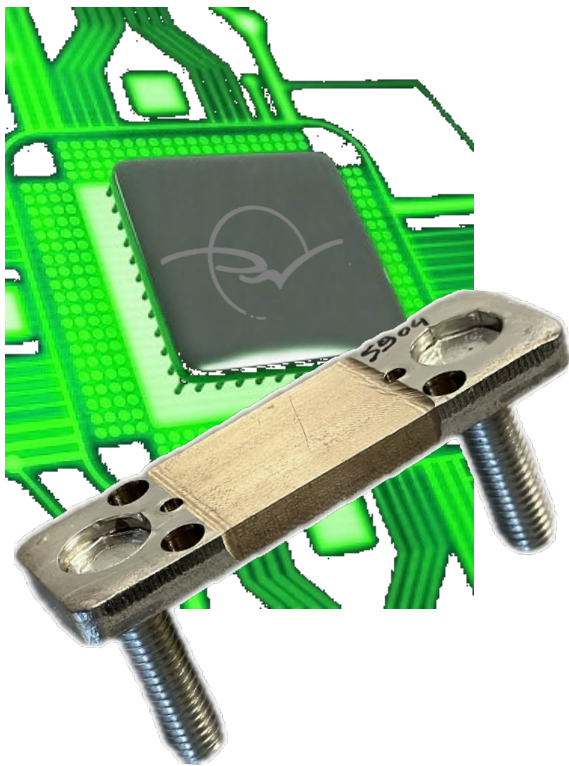


## The Kapp Diagramm



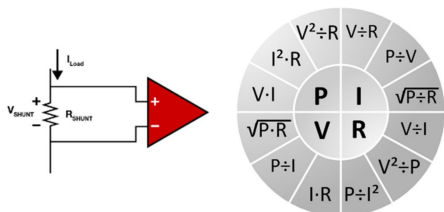
## ► Power, Energy and Derivative in Machining monitoring mode





For over thirty years we develop our own power measurement technologies:

- Power measurement using shunt technology
- Shunt trimmed using 4-axis machining center
- Third generation vector processor for even faster performance - 70 000 measures/second

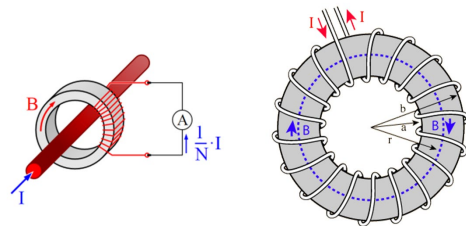


## WattPilote 셉트 센서

### ► Sensitivity of 0.0015% of full scale

30 kW 스펀들: The monitoring accuracy of the

**shunt sensor is 0.45 W**



## 홀 센서

### ► Open loop sensitivity: 1% of full scale

### ► Closed loop sensitivity: 0.3% of full scale

30 kW 스펀들: in open loop the sensitivity is **320 W**

and in closed loop the sensitivity is **96 W**.

|                                                                                              | WattPilote power sensor                                                | Hall effect sensor                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Accuracy<br>Amplitude AND phase measurement                                                  | Upper 98%<br>on non-sinusoidal waveform                                | Around 80%<br>on non-sinusoidal waveform                                                                                                                              |
| Real world response time<br>Important for power derivative use and part<br>contact detection | 1 millisecond                                                          | 25 to 500 milliseconds                                                                                                                                                |
| Sensitivity<br>Important for small-diameter tools, taps, low<br>material-removal             | <b>0.0015% of full scale</b><br>0.5 watt resolution on a 30 kW spindle | <b>Open loop : 0.25% of full scale</b><br>75 watts resolution on a 30 kW spindle<br><b>Close loop : 0.04% of full scale</b><br>12 watts resolution on a 30 kW spindle |



## 뛰어난 기능

70000 Hz

Sampling frequency

0.0015 %

Sensor resolution

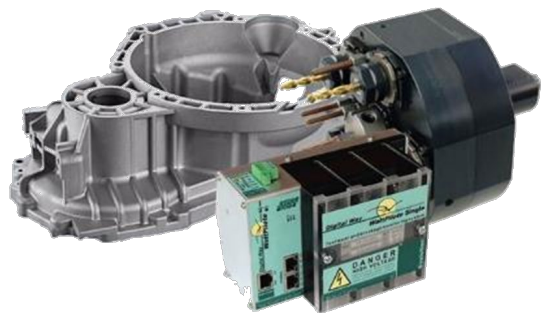
0.15 mm

The smallest tool  
diameter monitored

2  $\mu$ m

The smallest cutting  
depth monitored

## 세가지 동시 모니터링



### ■ 파워(전력)

- Tool breakage
- Tool Absence
- Double machining

### ■ 에너지Energy

- Tool wear

### ■ 미분 derivative

- Multi-spindle head monitoring
- Monitoring of milling inserts



머시닝센터.탭핑센터.

CNC 선반 &amp; 자동선반

전용기 - 멀티스테이션

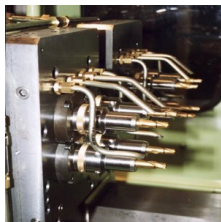
연삭기

“WattPilot”은 모든 공작기계에서 다양한 절삭 공구를 사용하는 머시닝센터, 전용기, 연삭기 및 선반에 적용할 수 있습니다.

## 멀티 스피indle 모니터링

다축헤드는 생산성을 높일 수 있지만 각 축 헤드마다 공구파손을 감지하기가 더 힘들다.

기계적인 파손모니터링을 생산라인에 접목하기는 쉽지 않다. 고 정밀도 측정법을 합쳐 WattPilot 시스템은 18개 다축 드릴 가공에서 단 1개의 드릴 파손도 감지할 수 있다.



## 불량률 감소 및 공구수명 증가

실시간 가공모니터링의 목적은 가공시 발생하는 칩과 마모로 인하여 가공에 부정적인 영향을 미치는 것을 피하고, 공구수명을 향상시키며 장비의 비가공 시간을 줄이는 것입니다.

## 중요한 가공공정 모니터링

소경 절삭 공구나 파손이 심한 절삭공구를 사용하는 가공공정은 필히 모니터링이 필요합니다.

와트파일럿은 독특한 알고리즘에 의한 측정으로 20kW 스펙트럼에서 직경 1mm 드릴로 가공시간 0.07초 인 공정까지 모니터링이 가능합니다.

## 데이터 기록 과 파워그래프 이해가 용이

가공일자 및 시간을 포함한 레포트, 사용된 컨트롤 모드 파워 (가공), 에너지 혹은 미분알람 및 절삭공구의 마모율 혹은 정도 등의 결과를 모두저장 할수 있습니다.

최근 30개의 정상적인 가공 싸이클과 최근 30개의 알람 관련 커브가 유니트에 항상 저장 되어 있습니다.

## 생산 품질 유지

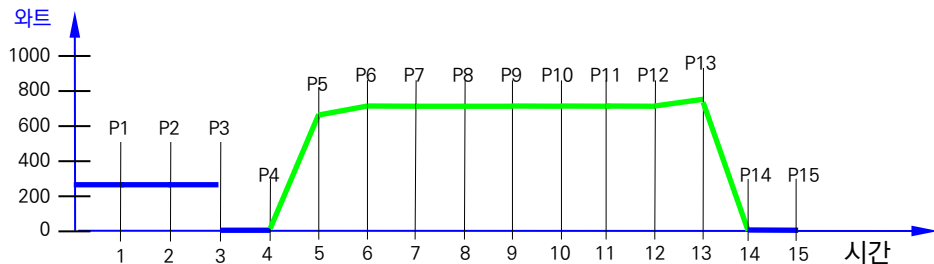
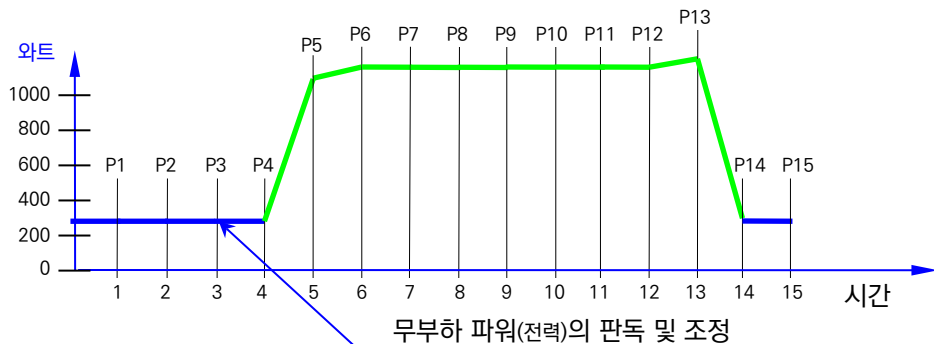
WattPilot은 인서트나 마모되거나 인서트상에 치핑이 생기면 즉시 해당장비를 정지 시킵니다. 이는 최적의 상태인 절삭공구를 통해 제품 품질을 가공하도록 합니다. WattPilot은 최상의 제품 품질을 유지가능토록 합니다.



파워(전력)

머시닝(가공) 공구/ 재질 부하 측정

와트 파일럿-파워(전력)



항상 스피들 또는 축의 사용 파워(전력) 중 무 부하 상태의 파워(전력)를 제로로 인식하여 공구가 소재에서 받는 파워(전력) 부하 를 계산 합니다.



순간감지 Instantaneous detection

공구 파손시, 공작기계를 보호하고, 툴홀더 보호 및 불량 제품 생산을 최소화 하기 위해 반응시간은 가장 빨라야 합니다.  
“실시간 모니터링” 만이 가능합니다.

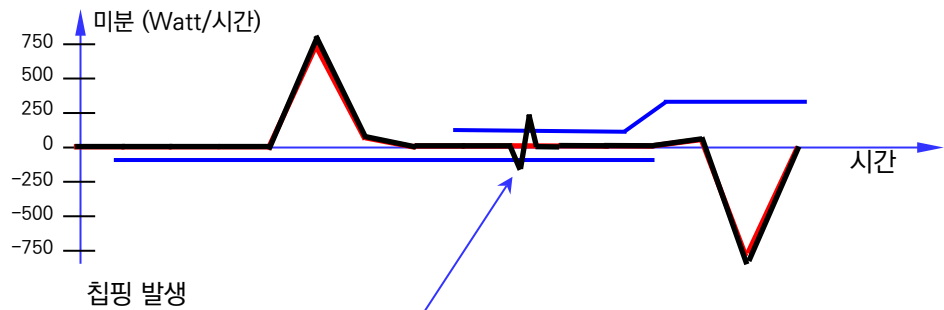
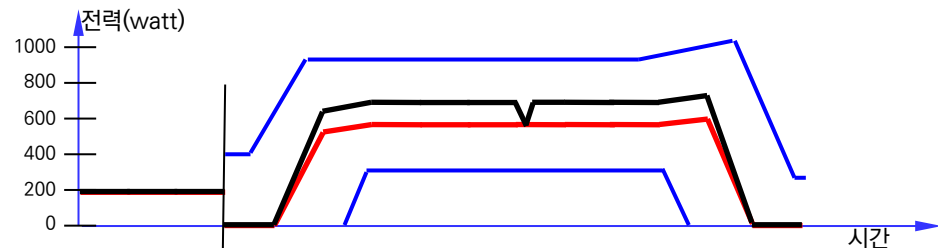
신규 절삭공구로 피삭재를 가공시 “러닝커브” 를 설정 함으로써 시작 됩니다.

러닝 커브를 사용하여 가공공정에 필요로 하는 최소와 최대 파워(전력) 리미트를 생성합니다.



## 미분

## 공구의 미세 파손감지/ 멀티스핀들 공구 파손 방지



파워(전력)는 공구마모, 소재두께 변동 및 소재경도 변화로부터의 변동에는 둔감합니다



밀링커터, 복합형상의 공구, 리머, 멀티스핀들 헤드에서 드릴 혹은 탭 가공 중 해당 절삭공구의 파손이 일어날 경우 소요 파워(전력) 변화는 극히 적습니다.

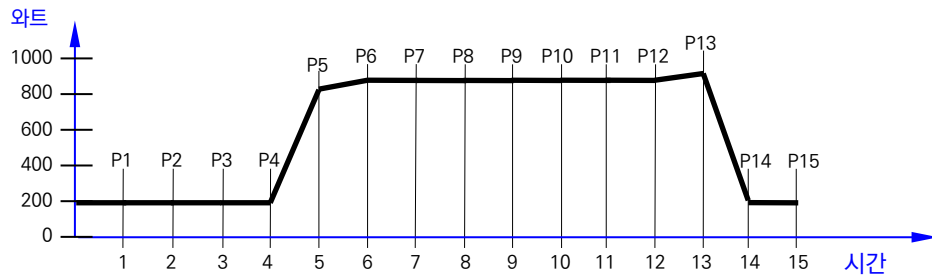
미분은 밀링커터에서 하나의 인서트 파손시 보여지는 것처럼 아주 작고 빠르게 발생하는 파워(전력) 변화는 증폭 시켜주고 피삭재의 경도변화라든지 황삭표면 상태에 따른 소요전류가 변할 수 있는 가능성을 무시하도록 해줍니다.

멀티스핀들 헤드 또는 황삭 공정에서의 하나의 인서트 파손 감지가 가능합니다.

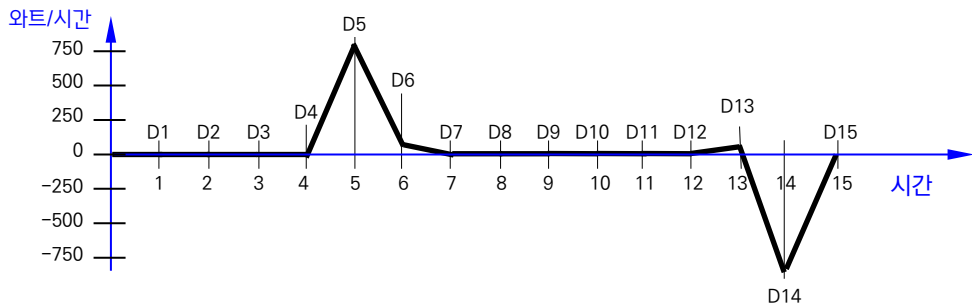


## 측정 비교

## 전력 / 미분 (Power / Derivative)



순간감지 Instantaneous detection



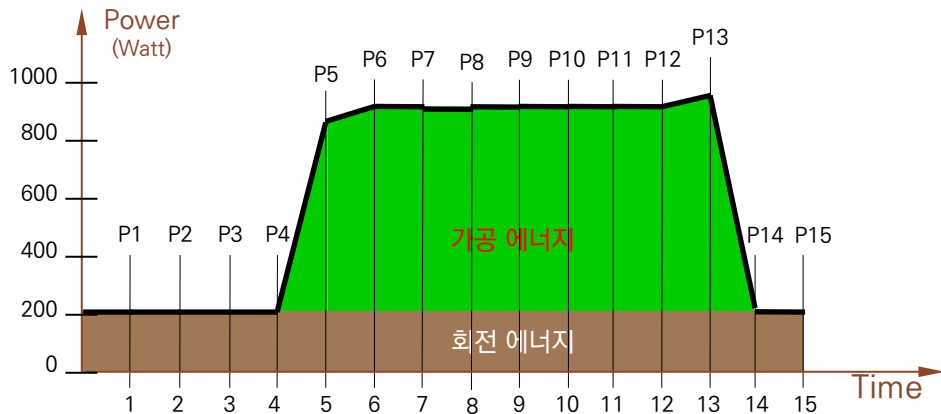
$$\text{Derivative} = \Delta \text{Power} / \Delta \text{Time}$$

미분은 파워(전력)와 시간을 나누어 가공전류에서 급격한 전력  
변동을 측정 합니다.



## 에너지

## 머시닝 사이클의 에너지(공구마모)



가공 사이클 종료 후 계산되는 에너지는 시간 곱한 전류와 같습니다 :

$$P = 215 \text{ W}$$

$$E = 9570 \text{ WS}$$

VVS

$$\text{Energy} = \text{Power} \times \text{Time}$$

$$\text{Absorbed Energy} = \text{Machining Energy} + \text{Rotation Energy}$$

절삭공구의 마모는 전기에너지소모량에 영향을 끼칩니다. 절삭공구가 마모를 일으키면 가공공정에 필요한 에너지는 상승 합니다. 절삭공구가 피삭재를 가공시 소요되는 에너지와 사용자에 의해 설정된 값을 비교 검증합니다.

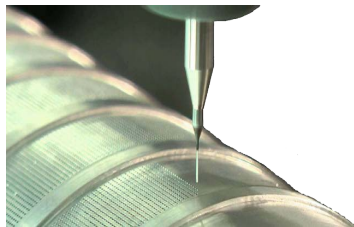
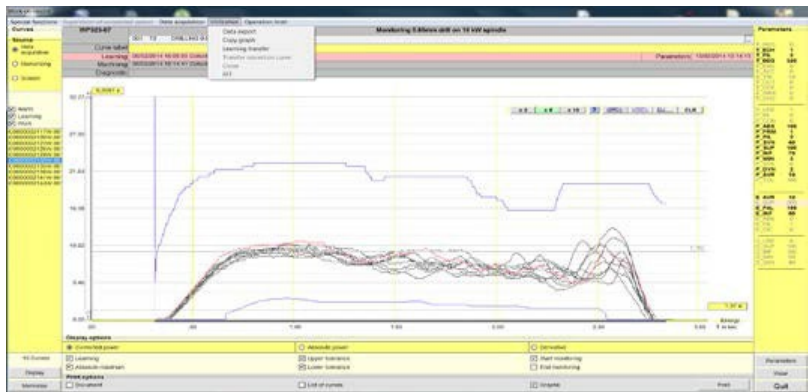
절삭가공에 필요한 머시닝 에너지로 가장 효율적인 절삭공구의 형상을 결정 하거나 혹은 최적의 인선타입을 결정짓는 용도로도 가능합니다.



## 간단히 소경 공구의 실시간 모니터링이 가능합니다

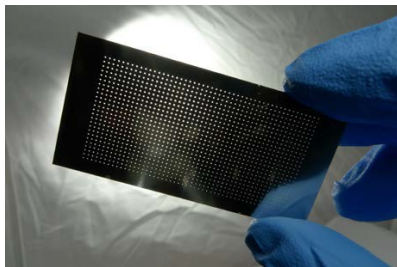
0.1mm 드릴의 전류 사용량은 0.2 와트입니다.  
설치된 시스템의 전류 감지 능력이 1,2 와트 정도라면 공구 감지는 불가능합니다.

홀 센서, 로고스키 코일, 디지털 드라이브 데이터와 같은 저 민감 센서를 포함하는 시스템들은 소경 공구들의 전류 변화를 감지하지 못하였습니다.



## 판도를 뒤집은 WattPilote

WattPilote은 특별한 센서 기술과 비교할 수 없는 민감도로 스피들 및 축 모터 전력 모니터링시의 기존 제약들에서 벗어났습니다. 5.5kW 스피들 모터에서 0.2mm 드릴을 제어하여 성공적으로 적용하였습니다.



15kW 스피들, 0.8mm 드릴 모니터링

## 더 이상 시간을 낭비하지 마세요

WattPilote은 공정의 전류 변화량을 실시간으로 제어합니다. 즉, 공정 후 확인 작업으로 인해 시간을 소모하지 않습니다.

또한 레이저는 구경 1mm이하의 공구 감지에 어려움을 겪습니다. 그리고, 기계적 감지 방법은 공구와의 접촉이 있어 공구 파손 위험성이 있습니다.



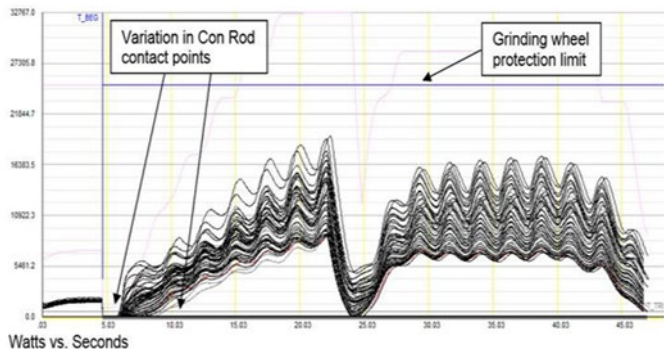
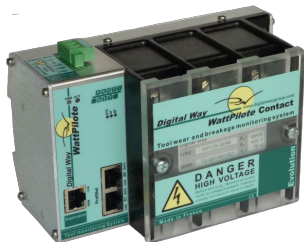
## 어디에서든 사용가능

컴팩트한 디자인으로, WattPilote은 머시닝 센터부터 스페셜 컴팩트 드릴링 장비까지 모든 장비에 쉽게 장착이 가능합니다. 100W 부터 100kW까지 전력 크기에 상관 없이 모든 모터에 적용 가능합니다.



## 연삭기, 호닝

파워측정을 통해 공구와 피삭재간의 접촉 여부를 감지 합니다. 모든 기계에 아주 쉽게 설치가능하며 기존에 작업자가 해야할 업무를 자동화 가능하게 합니다. 예를들면 그라인딩 공정중 스파크 생성여부, 브리싱 등의 공 정에서 일정한 압력이 가해지는지 여부, 디버링공 정의 접촉여부감지 등이 포함됩니다.



Wattpilote 은 그라인딩 갭 제거와 그라인딩 휠 충격 보호를 위한 간단하고 신뢰도 높은 해결책을 제공합니다.

그라인딩 작업 중 휠/부품 접촉 감지 시스템이 공급 가능합니다.



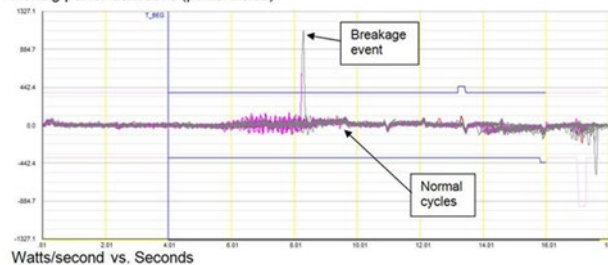
## 비 가공 시간 최소화

고가의 CBN 그라인딩 휠을 충돌로부터 보호하는것 뿐만 아니라 접근 속도를 높입니다.

## 호닝 스톤 마모 추적 및 관리

기어를 호닝하는데 필요한 에너지는 마지막 드레싱 사이클 이후 호닝된 기어의 숫자와 이전에 스톤에 행해진 드레싱 사이클 수를 고려하여 계산됩니다. 이 에너지는 마모 정도와 비례합니다. WattPilote은 장비 제어부에 과도한 스톤 마모를 알리며 스톤 마모의 장기 기록을 남깁니다.

Honing power derivative (power noise)





## 실린더 헤드 밸브시트

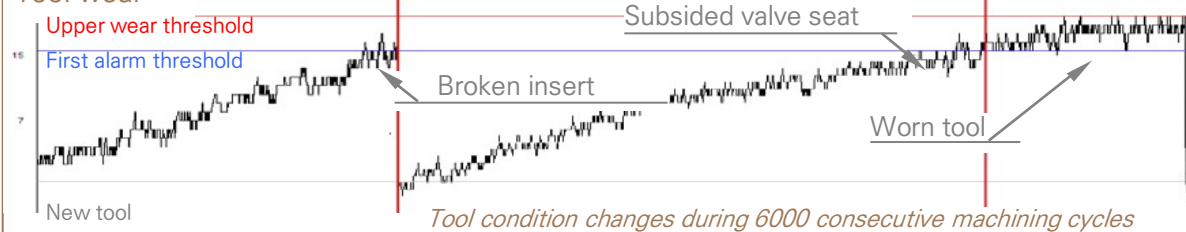
H사 NTC 머시닝 센터에서 실린더헤드 밸브시트 가  
공모니터링

- ▶ 품질관리 Quality control
- ▶ 불량발생방지 Avoid scrap parts
- ▶ 공구수명 최적화 Optimize tool service life

WattPilot은 파워 변화를 모니터링 함으로써, 아주 작은 혹은  
사소한 공구의 파손조차 감지, 모든 실린더헤드의 정밀한 공차를  
맞출 수 있도록 함

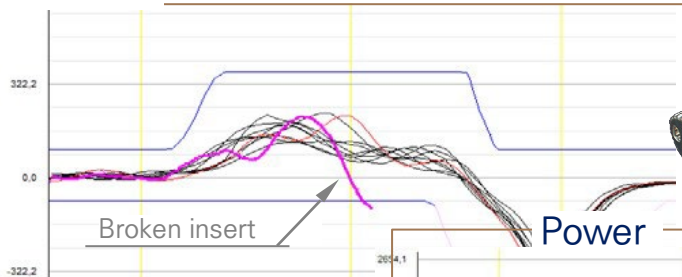
WattPilot은 절삭가공 공정 품질을 최적의 상태로 보장가능

## Tool wear

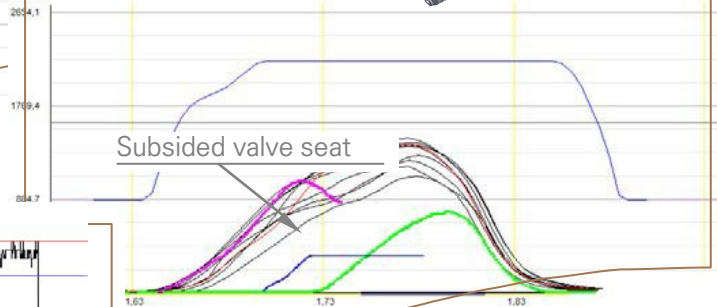


Tool condition changes during 6000 consecutive machining cycles

## Derivative



## Power

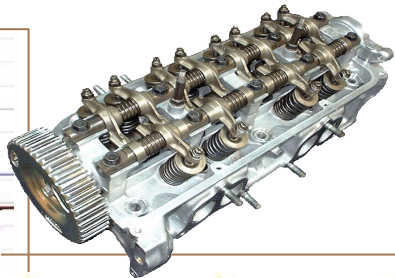


어떠한 품질불량 Scrap도 발생치 않도록, 엔진 조립 전,  
WattPilot의 모든 파워커브를 검토하여 실린더헤드의 미세  
한 품질 불균일 성조차 파악하게 한다. (예를 들면 밸브시트  
면상의 움푹 패인 면 등등)

WattPilot은 불량제품 생산을 차단한다.

절삭공구를 예정수명보다 조기에 교체 시 필연적으로 “불 균일성(동일공정상 타 공구대비)”이 발생하고 더 심한 경우 인서트 파손까지 이를 수 있다. 정해진 공구교체시기에 다  
다를수록 해당절삭공구의 인선온도는 급격히 상승하며, 인선은 변형된다. 이러한 마모 모니터링을 통한 Tool management통합관리 방식은 인서트 성능을 최적화하며 동시에  
불량발생을 급격히 감소하게 한다.

WattPilot 는 공구수명 극대화/최적화 및 생산원가를 낮출수 있게 한다.

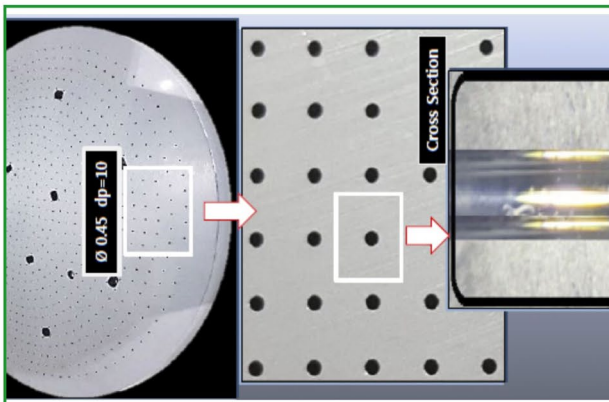
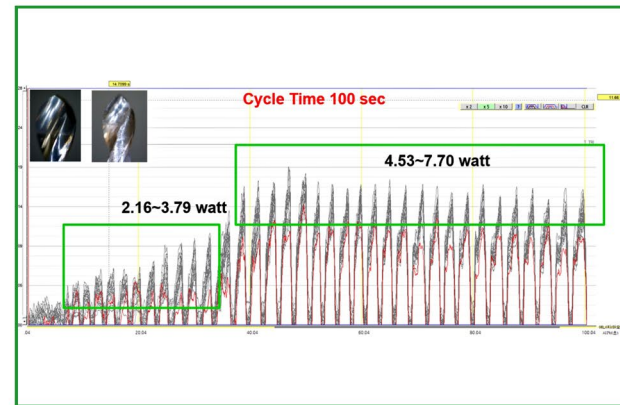




## Semi conducts : Silicon

Machine: MCT

Process : Small Drilling d0.2 ~ d0.8



Completed the development and application of a tool monitoring device used for semiconductor processing of PCD micro drills from 0.2 mm to 0.75 mm. Adaptive control from 0.2 mm prevents tool breakage and improves productivity by adjusting the machining feed according to the condition of the material or the wear of the tool.

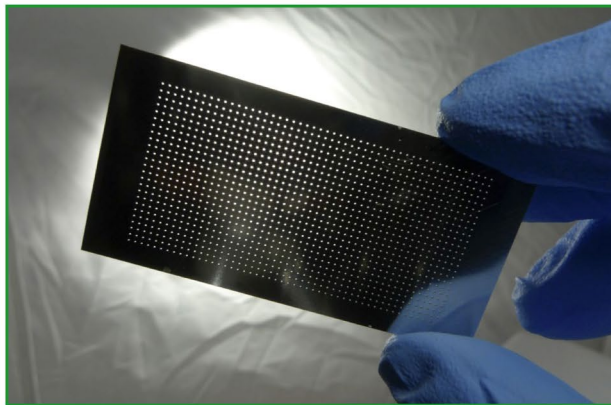
MICRO DRILLING  
▶ SHOWERHEADS



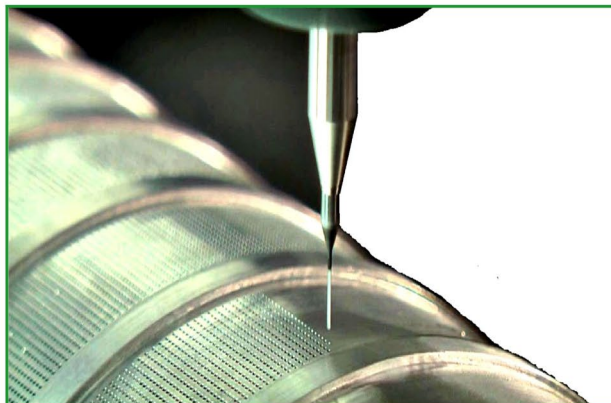
## Semi conducts : Silicon

Machine: MCT

Process : Small Drilling d0.8



Monitoring a 0.8mm drill on a 15kW spindle



Monitoring of a small 0.8mm drill on a 15kW spindle.

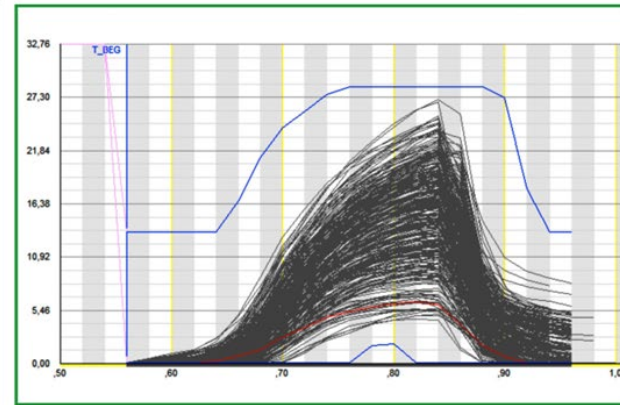
DRILLING  
▶ SMALL 0.8MM DRILL



## Automotive : FUEL INJECTORS

Machine: MCT

Process : Small Drilling



The application shows a 0.4 x 0.4mm drilling process. A new drill has a power consumption of about 5 Watts. With growing wear, the power increases to about 25 Watts. The WattPilote is able to monitor such an extreme sensitive process like this in an absolute save and reliable way!

MICRO DRILLING  
► FUEL INJECTORS



## Automotive : ABS HOUSING

Machine: MCT

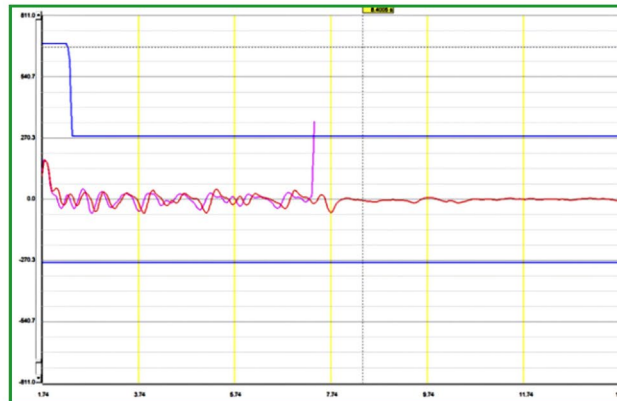
Process :

Milling Tools

Internal Grooving



0.02mm Chipping



OIL Seal Grooving Tools Monitoring.

38KW FANUC spindle uses 259 watts of power to diameter 20 mm width 3.0mm, and 3 cutting edge when one of the edge chipping 0.02 mm, real-time alarm and machine stop to prevent defects.

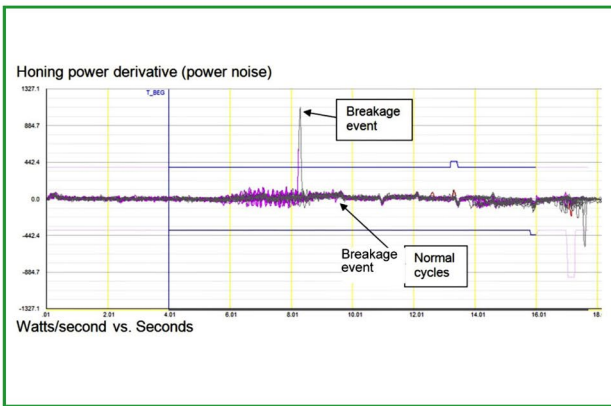
PCD FINISHING GROOVE  
▶ INTEGRATED ELECTRONIC BRAKE



## General: GEAR GRINDING

Machine: HONING MC

Process : Gear HONING



Honing tool damage monitoring.

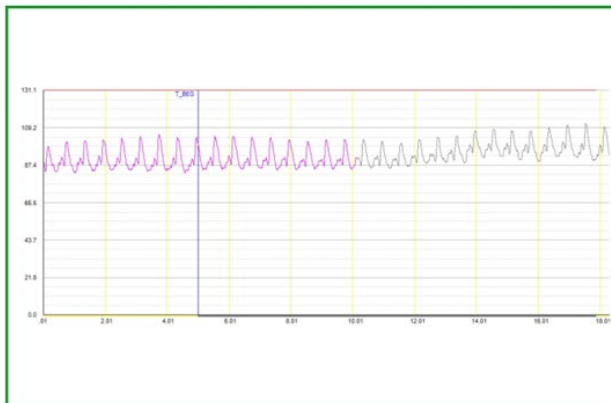
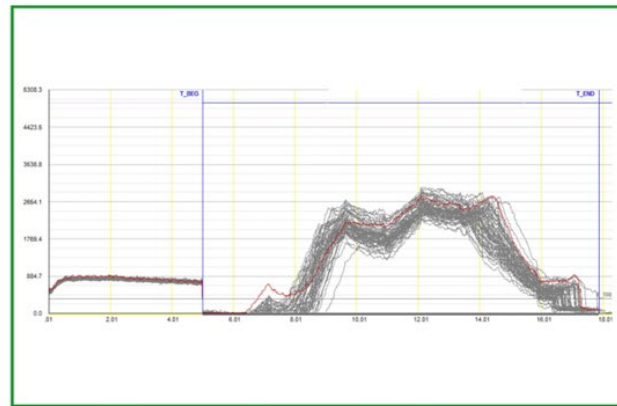
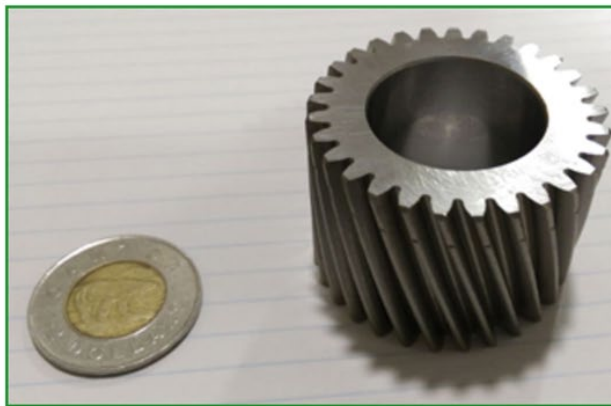
HONING  
► GEARWHEEL



## General: FINAL DRIVE SUN GEAR

Machine: HONING MC

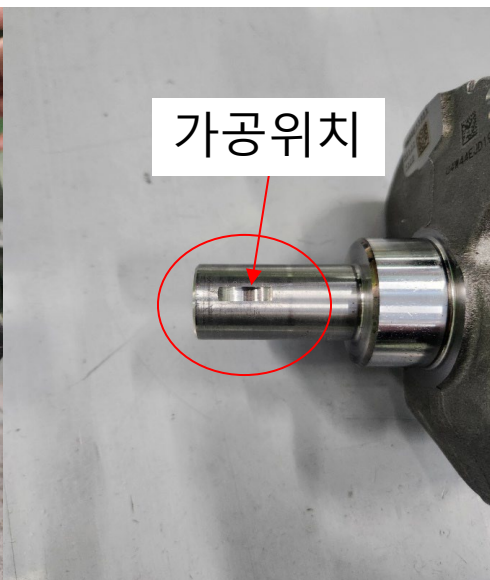
Process : Gear HONING



WattPilot verifies proper honing stone dressing. Power consumed during dressing is very small, but WattPilot is sensitive enough to measure it accurately.

HONING  
▶ FINAL DRIVE SUN GEAR

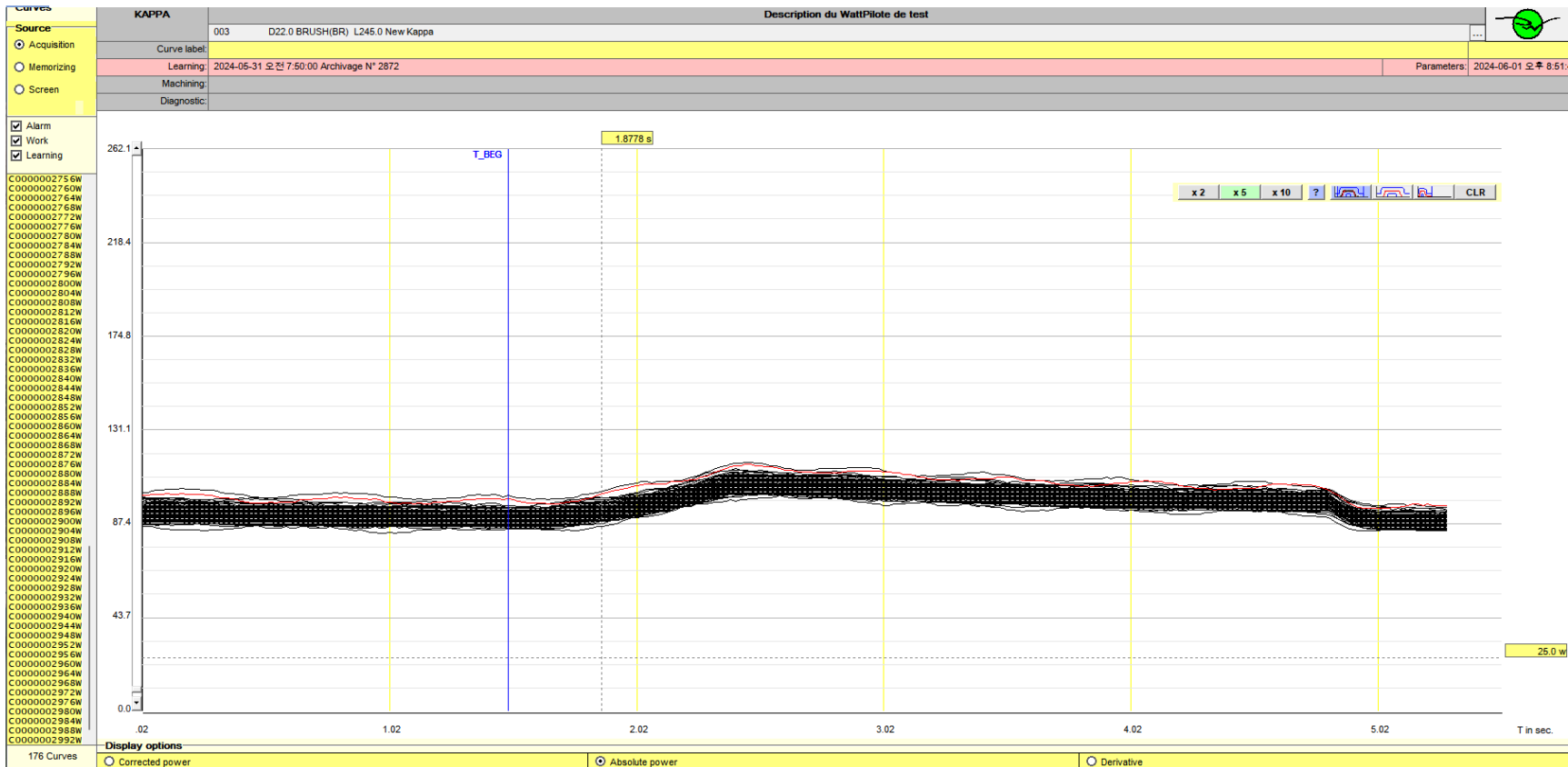
### 3. D22.0 BRUSH



D22.0 BRUSH

# D22.0 BRUSH

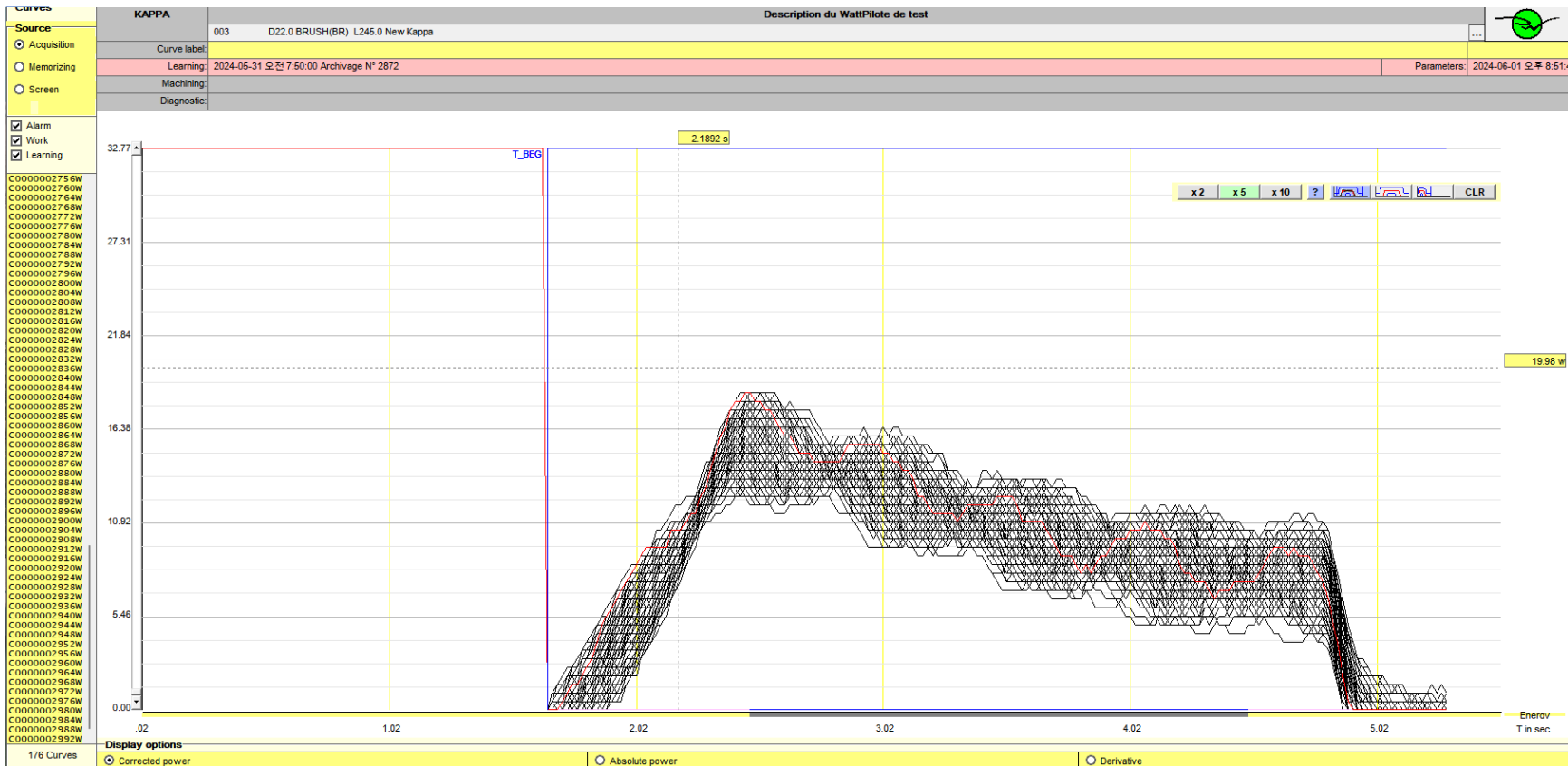
## Spindle Power





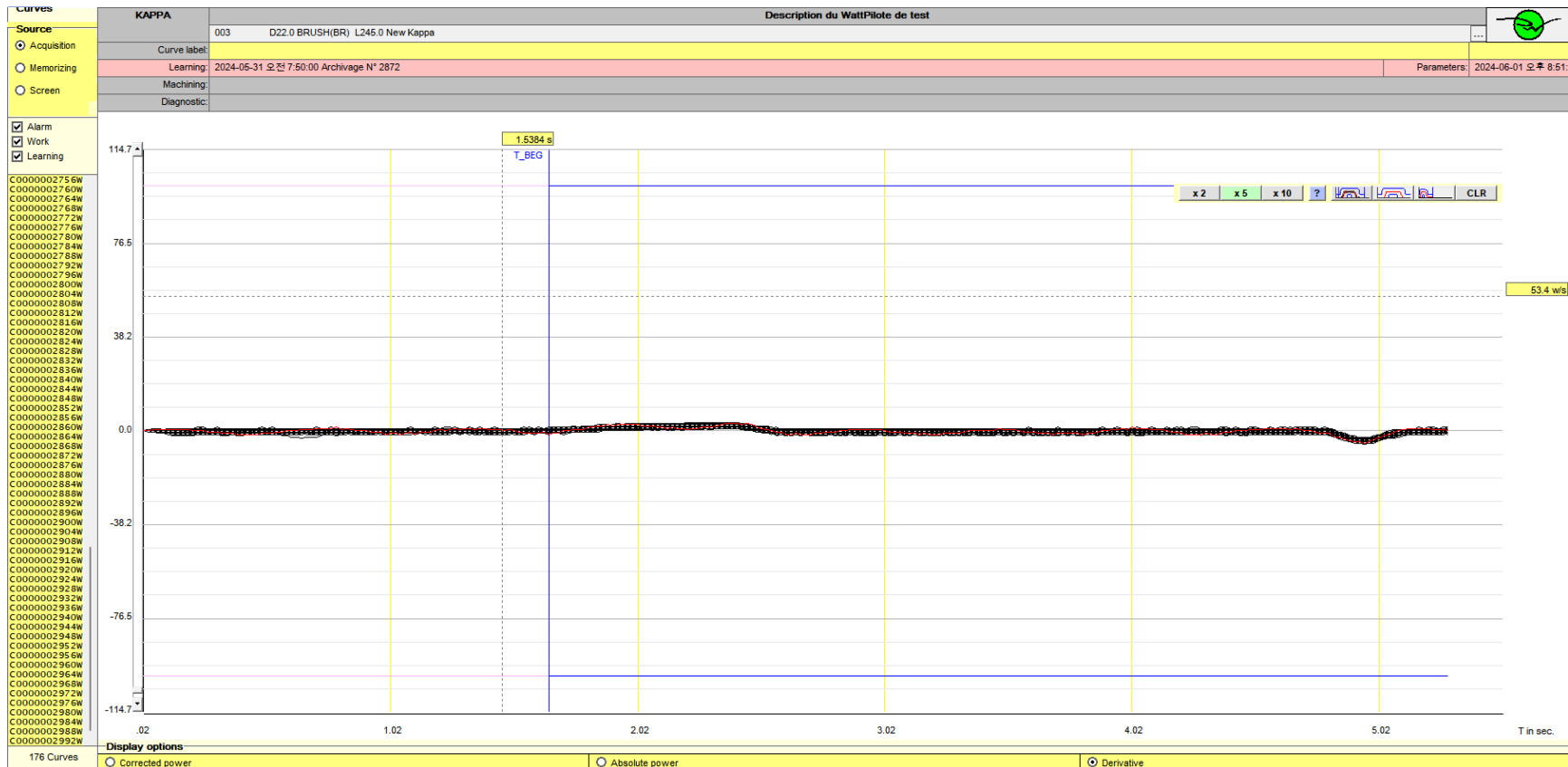
# D22.0 BRUSH

## Machining Power



## 3. D22.0 BRUSH

## Derivative

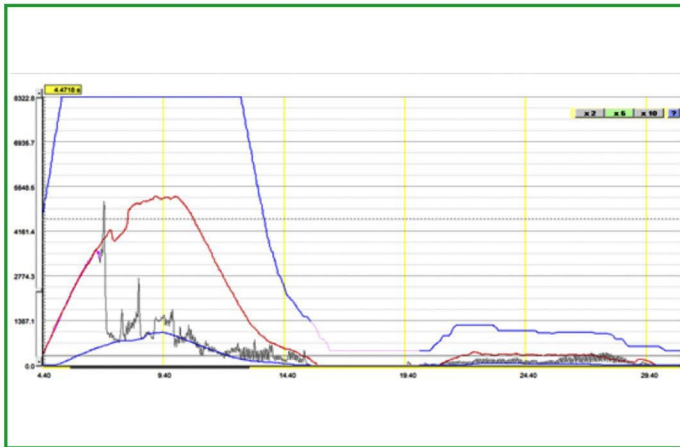
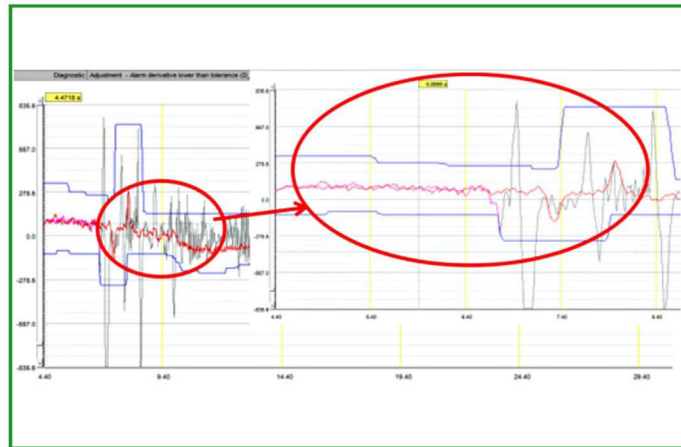
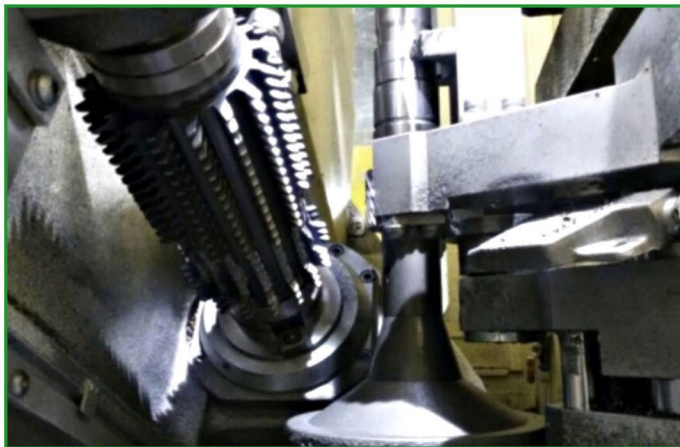


# Gear Hobbing & Grinding



Machine: Gear MC

Process : Gear cutting

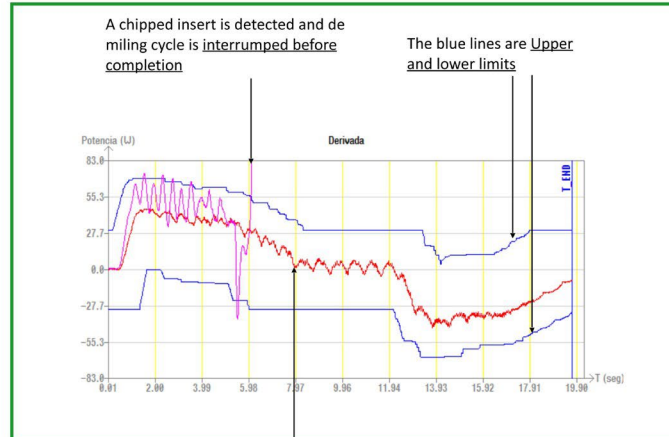
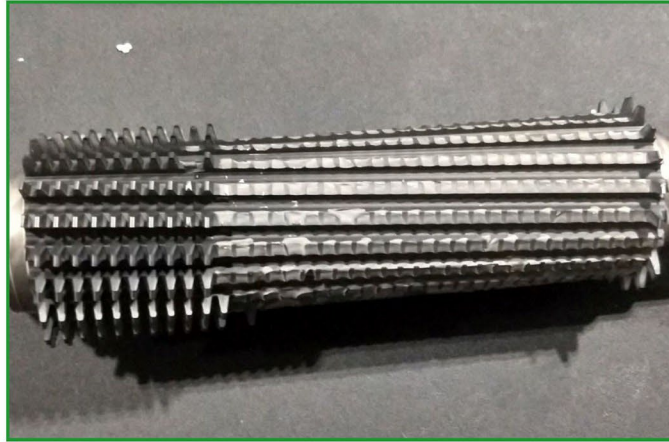


When machining gears, it was not possible to protect expensive tools due to the high feed rate, but by applying real-time monitoring with WattPilot, it was possible to protect expensive tools and reduce defects.

GEAR MACHINING  
▶ AUTOMOTIVE TRANSMISSION

Machine: Gear MC

Process : Gear cutting

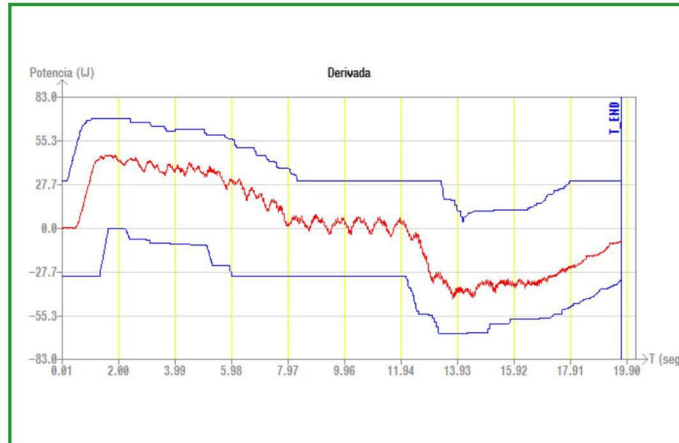
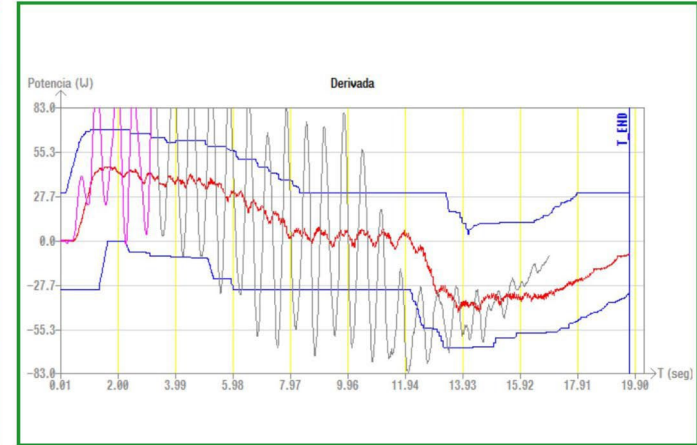


WattPilote minimizes the number of broken teeth in a gear hobbing application. Power consumption and the power derivative are monitored.

HOBGING  
► GEAR HOBGING

Machine: Gear MC

Process : Gear cutting

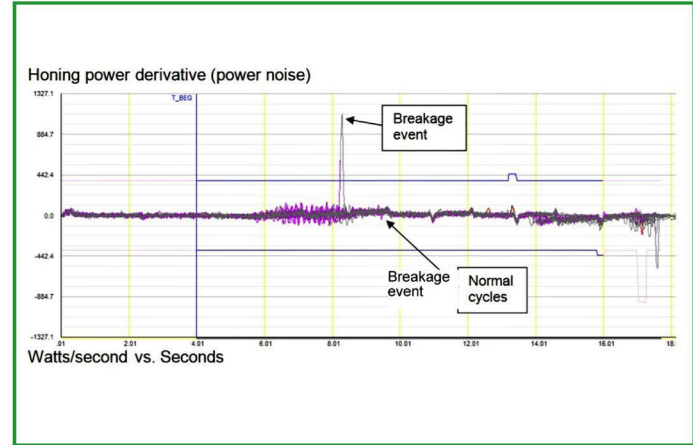


WattPilote detects part clamping problems in a gear hobbing application. Power consumption and the power derivative are monitored.

**HOBGING**  
► GEAR HOBGING

Machine: Honing MC

Process : Honing

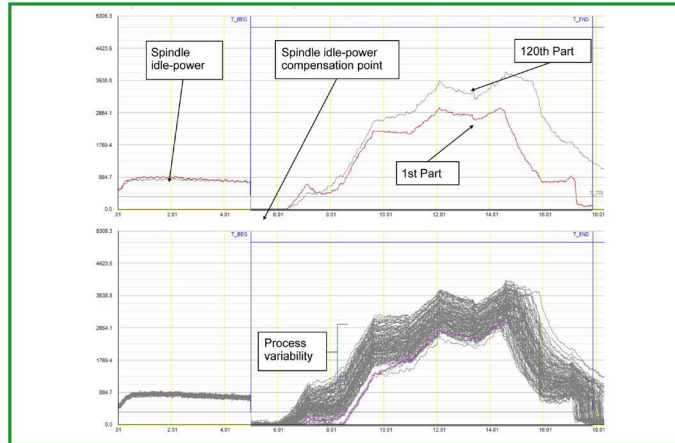
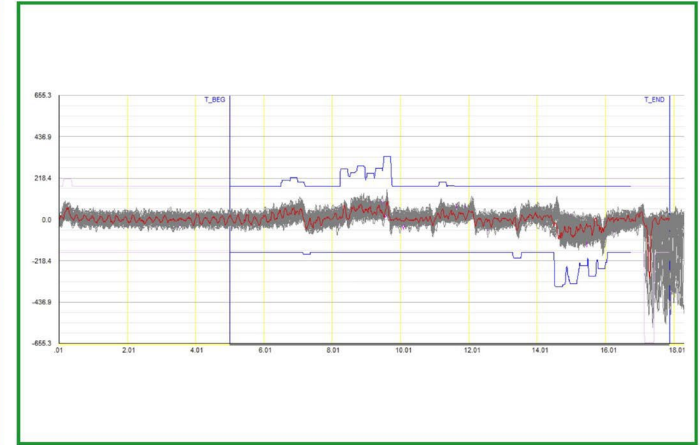
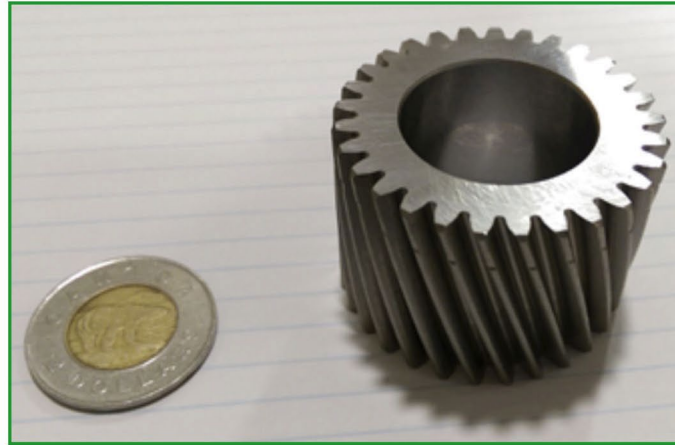


Honing tool damage monitoring.

HONING  
► GEARWHEEL

Machine: Honing MC

Process : Honing

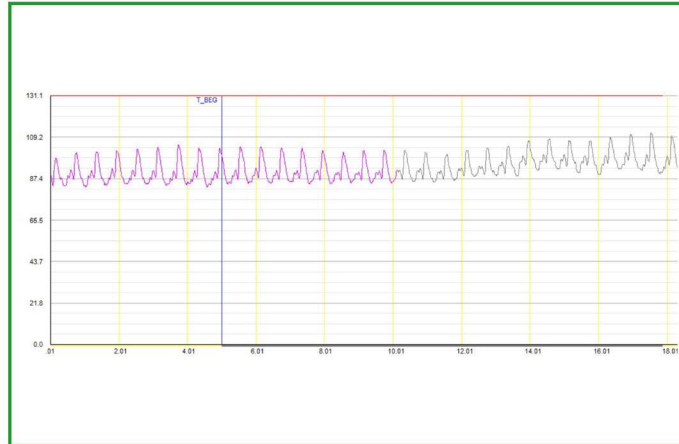
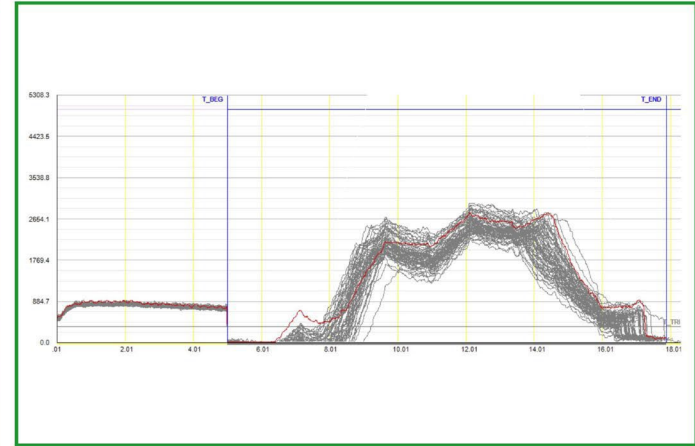
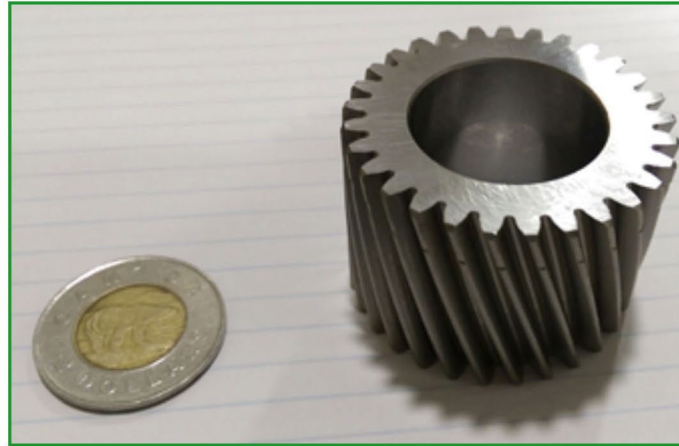


WattPilot tracks honing stone wear in a gear honing application. Power consumption and the power derivative are monitored.

**HONING**  
▶ FINAL DRIVE SUN GEAR

Machine: Honing MC

Process : Honing

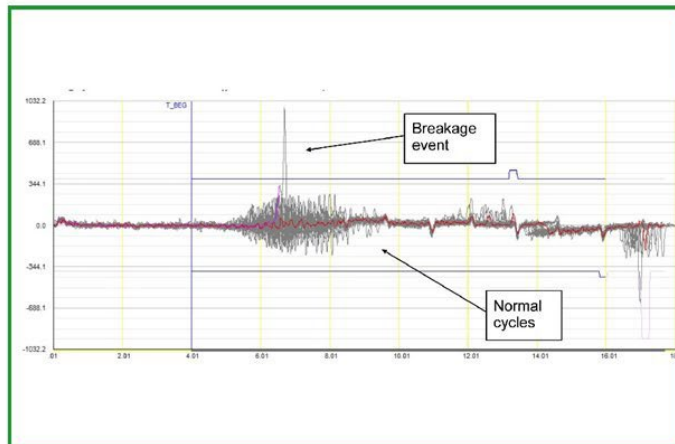
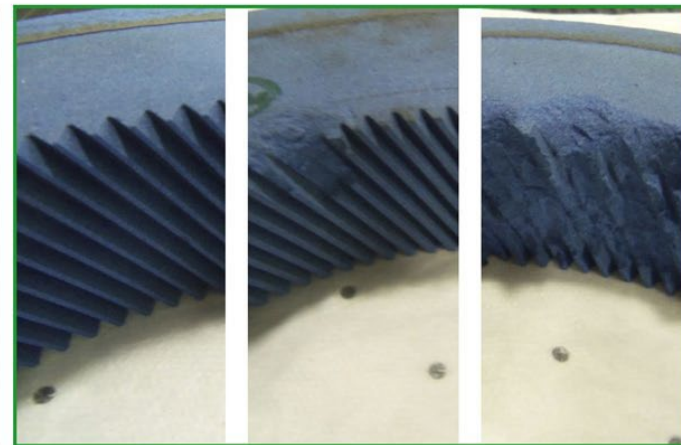
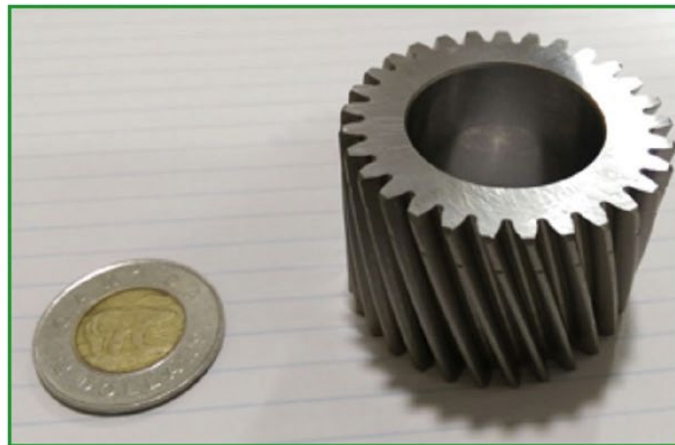


WattPilote verifies proper honing stone dressing. Power consumed during dressing is very small, but WattPilote is sensitive enough to measure it accurately.

**HONING**  
▶ FINAL DRIVE SUN GEAR

Machine: Honing MC

Process : Honing



WattPilote detects honing stone chipping / breakage. Power consumption and the power derivative are monitored.

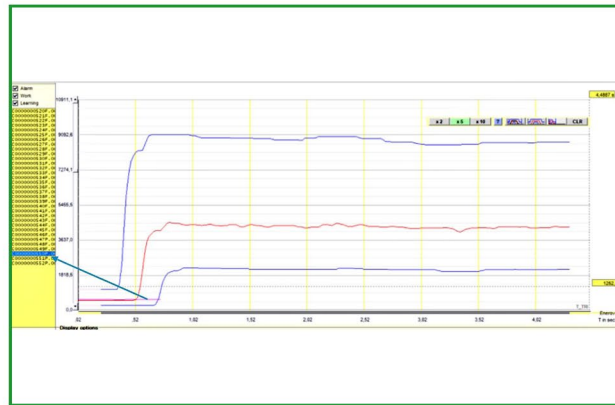
**HONING**  
► FINAL DRIVE SUN GEAR



## Vibration Monitoring –Machine Retrofit

Machine: Special Machine

Process : All Process



Transfer machine retrofit: target reducing waste. The WattPilote has been used to control all workstations, any tool breakage is detected immediately, this reduces waste and increases production quality.

TRANSFER  
► MACHINE RETROFIT



## 파워(전력) 센서의 종류

### 션트 센서



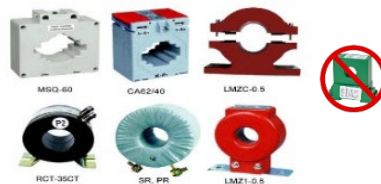
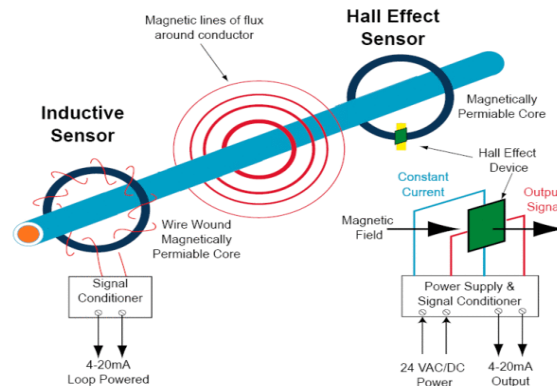
저항 값이 매우 낮은 저항을 션트(분류기)라고 합니다.

즉 전류를 나눈다는 뜻입니다. 전류를 측정하는 방법은 전류가 흐르는 전선중간에 저항을 직렬로 넣고 저항에서 발생하는 전압을 측정하는 방법입니다. 션트 센서는 양단에 걸리는 전압을 측정해서 전류로 바꾸어야 하기 때문에 전압을 측정하는 것입니다.

- 기본 정밀도 0.1% 부터 0.005% 까지 측정도
- 온도에 따른 측정값 변화는 거의 "0" (Zero)
- 100PPM 의 선 형성
- Offset이 거의 없어 항상 정확한 측정을 나타냄

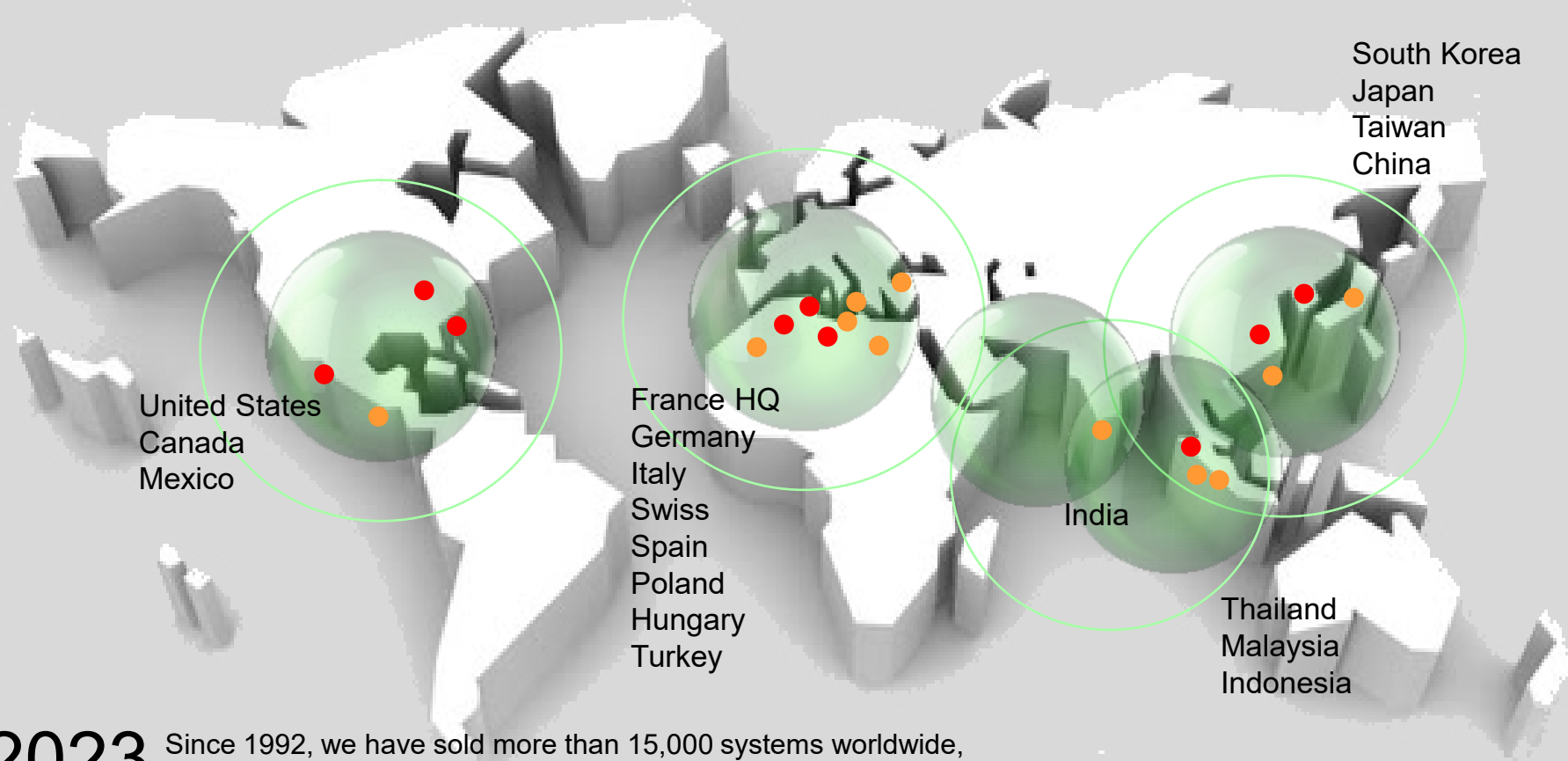


### 홀 센서, 코일센서



HALL EFFECT OR ROGOWSKI COIL SENSOR

자기장 속의 도체에서 자기장의 직각방향으로 전류가 흐르면, 자기장과 전류 모두에 직각방향으로 전기장이 나타나는 현상



2023

Since 1992, we have sold more than 15,000 systems worldwide, and have earned a reputation for unparalleled performance and quality in the machine tool market