

Das TTT Tapping-Torque-Testsystem als multiples Entwicklungssystem zur Leistungsbewertung von Schmiermedien, Gewinde-Werkzeugen und Beschichtungen



„Ein Fenster in die Tribologie“

Inhaltsverzeichnis

Das TTT System als multiples Entwicklungssystem zur analytischen und vergleichenden Leistungsbewertung.....	3
Das Temperatur-Sensor-Messverfahren.....	4
TTT Standards und TTT Methoden.....	5
TTT Methoden und Auswertung.....	6
Drehmoment Bewertungs-Parameter im Überblick.....	7
Häufigkeits-Verteilung des Drehmoments / Statistik und das Integral.....	8
PCA Auswertefunktionen im Überblick.....	9
Der X-Y-Positioniertisch MPT.....	12
Allgemeine PCA Anwendungen.....	13
TTT Methoden (Gewinde-Formen und -Schneiden).....	15
Leistungsvergleich Schneidöle und Kühlschmierstoffe.....	16
TTT Methoden, Know-How und Ausblick.....	17

Das TTT System als multiples Entwicklungssystem zur analytischen und vergleichenden Leistungsbewertung

Technisch-physikalische Voraussetzung

Das TTT Labor Auswerte- & Analysesystem System zur Bewertung der Leistungskraft von Schmiermedien und Gewindewerkzeugen bedient sich stellvertretend für alle Arten der mechanischen Zerspanung und Umformung der drehmomentgesteuerten und prozess-kontrollierten Gewindefertigung.

Anforderung

Genauso wie die Schmiermittelindustrie auf die Eigenschaften des Werkzeugs angewiesen ist, ist auch der Werkzeughersteller abhängig von der Beschaffenheit und den Eigenschaften des Schmiermittels.

Leistungs-, Qualitäts- und Wirksamkeitsnachweis sind als Bewertungsparameter unerlässlich.

Das Maß aller Dinge ist die Anforderung und Komplexität in der Fertigung beim Kunden. Das beinhaltet das Material-Gefüge ebenso wie die Schnittgeschwindigkeit und weitere sich bedingende Größen.

Lösung

Das TTT Tapping-Torque-Testsystem, konzipiert als multiples Entwicklungssystem, visualisiert mittels Drehmoment- und Temperatur-Erfassung einen realen Nachweis über entscheidende Prozessparameter während Umformungs- und Zerspanungsprozessen. Auf diese Weise sind Aussagen – gemäß FEMA, IQ, PQ und OQ * – über die Leistungsfähigkeit von Schmiermedien (Formulierungen), Werkzeug-Geometrien und -Beschichtungen möglich.

Analyse

In Verbindung mit der aktuellen TTT-System PCA 4 Auswerte-Software lassen sich spezifische Eigenschaften von Schmiermedien und Werkzeugstrukturen erkennen und bewerten. Dies gilt insbesondere für die komplexen Interaktionen zwischen Formulierungen und deren Additiven mit verschiedenen Werkstoffen und Werkzeug-Beschichtungen in Abhängigkeit zur Schnittgeschwindigkeit und den dabei auftretenden Temperaturen. Mit Hilfe der PCA Software können Messergebnisse von Einzelmessungen wie auch von Messreihen direkt analysiert, ausgewertet und mit beliebigen Referenz-Messungen (Entwicklungsschritten oder Marktprodukten) verglichen werden.

Leistung

Aus den Messwerten der Drehmoment-Erfassung und der Temperaturdifferenz ΔT lassen sich Wirkmechanismen real auftretenden tribologischen Effekte zuordnen und bei entsprechender Modifikation nach dem Ausschlussprinzip beeinflussen.

*IQ Installation Qualification (Installationsqualifizierung) / PQ Performance Qualification (Leistungsqualifizierung) / OQ Operational Qualification (Funktionsqualifizierung)

Das Temperatur-Sensor-Messverfahren TSE

Ansatz

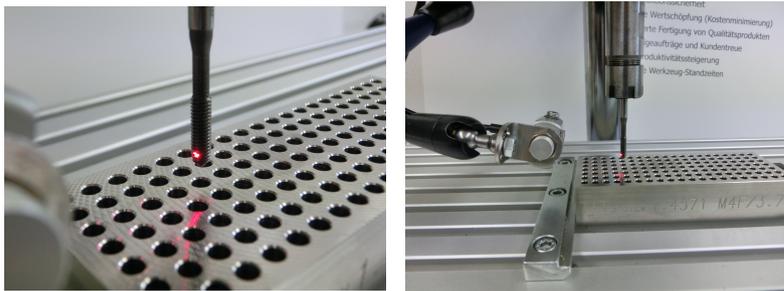
Die exakte Temperatur an der Spitze des Werkzeuges ist zum Zeitpunkt der größten Erwärmung nur mit sehr hohem technischem Aufwand zu erfassen.

Temperaturwert ΔT

Als Lösungsansatz wird die Temperaturdifferenz Delta T (ΔT) berechnet.

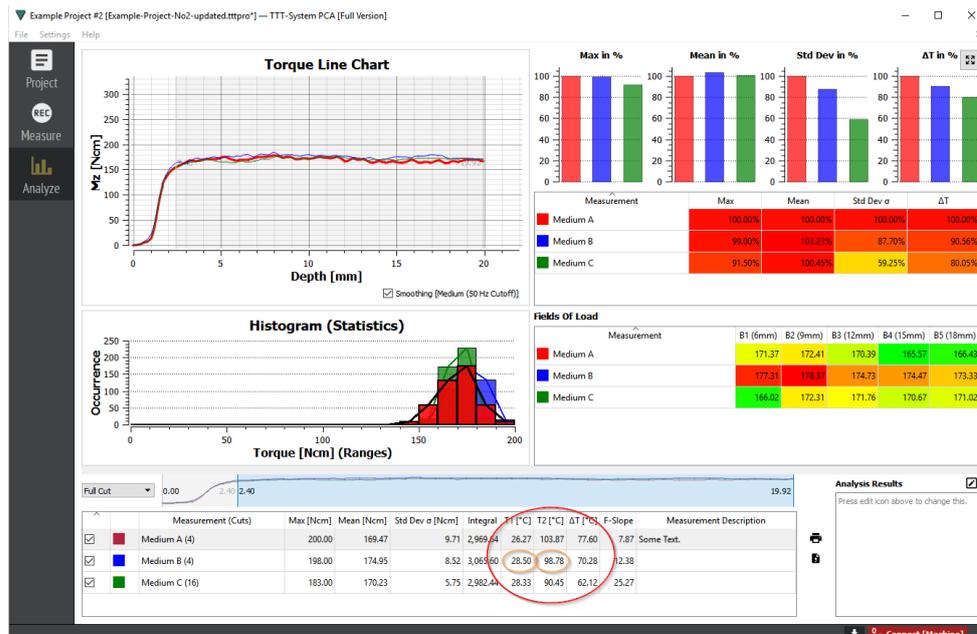
Verfahren

Mittels Infrarot-Temperatur-Erfassung durch das Temperatur- Sensor-Equipment TSE wird die Ausgangstemperatur an der Spitze des Messwerkzeuges gemessen...



... und unmittelbar nach dem Messvorgang wird der ebenfalls ermittelte Temperaturwert dem Ausgangswert gegenübergestellt.

Der Differenzwert ergibt den Temperaturwert ΔT .



Ergebnis

Temperatur-Mittelwerte und ΔT als Ergänzung zu Drehmomentwerten von Messreihen.

TTT Standards und TTT Methoden

Anforderung und Erfassung der Prozess-Temperatur

Mit der Einbindung des Temperatur-Sensor-Equipments TSE wird den Drehmoment-Werten der Temperatur-Wert ΔT als weiterer Bewertungsfaktor hinzugefügt.

Praxisorientierte Leistungsbewertung

Das TTT System ermittelt zur Visualisierung tribologischer Vorgänge* die folgenden Werte aus dem erfassten Drehmomentverlauf:

1. **Drehmoment** (Mz in Ncm) als Wert für die aufgewendete Leistung
2. **Mittelwert** (Mz Mean) für die durchschnittlich aufgewendete Leistung (arithmetisches Mittel)
3. **Standard Abweichung** (Std. Dev.) als Wert für die mittlere Abweichung des Drehmomentes um den Mittelwert (Streuung, Gleichlauf & Homogenität)
4. **Statisik (Histogramm)** Häufigkeits Verteilung als graphische Darstellung der angefallenen Drehmomente und dessen Verteilung als Histogramm
5. **Integral** (INT) als Wert für die Summe der Belastung (Stress) auf das Messwerkzeug
6. **Steigung** (F-Slope)
Der „F-Slope“ ist die Steigung (in Grad) der Geraden zwischen Start und Endpunkt des aktuellen Segments. Vor allem im Vollschnitt Segment.
7. **Belastungsbereiche** (Fields of Load)
Aufgetretenes Drehmoment an den Tiefen (6 mm, 9mm usw.) wird visuell vergleichbar gemacht. Dies hilft dem Anwender Unterschiede in diesen Punkten schnell zu erkennen, auch wenn diese nah beieinander liegen.

Separat ermittelte Messwerte (Temperatur-Sensor-Equipment TSE):

- **Delta T** (ΔT) als thermischen Wert zur Interpretation tribologischer Vorgänge. Das TSE ermittelt die Ausgangs- und End-Temperatur zum Errechnen von ΔT

TTT Methode & Standards

Unter Anwendung verschiedener TTT Methoden (Messreihen-Erstellungen) und spezifizierter TTT Standards (Material** & Parameter) werden geregelte, vergleichbare und wiederholbare Ergebnisse realisiert. Die dafür entwickelten TTT Methoden und festgelegten TTT Standards konsequent – entsprechend der Aufgabenstellung – angewandt, ermöglichen ermittelte Resultate intern und innerhalb einer Labor-Gruppe miteinander zu vergleichen. Pro TTT Messreihen-Testplatte eines Material-Gefüges werden 140 Messergebnisse in einer Aufspannung fehlerfrei möglich.

Bei der Ermittlung des Reibungskoeffizienten werden die technisch-physikalischen Beanspruchungsparameter bei Verschleißvorgängen durch vier Größen definiert:

- Normalkraft FN (Drehmoment)
- Geschwindigkeit v (Drehzahl)
- Temperatur T (Delta T)
- Beanspruchungsdauer (tB) (Gewinde-Tiefe / Zeit) (GFT, Tribologie, aus 2002, Arbeitsblatt 7, Seite 8)

** Weitere Informationen sehen Sie bitte die Information "[TTT_Measurement-Equipment](#)" !

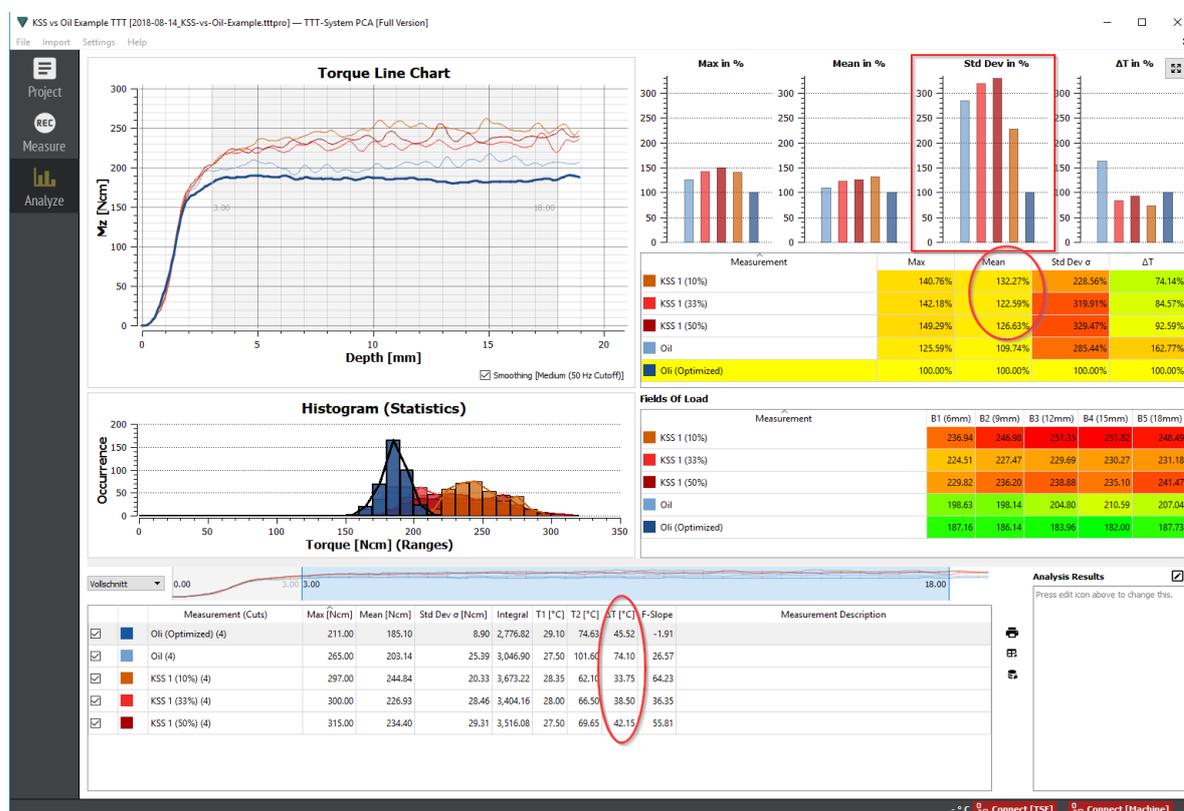
TTT Methoden und Auswertung

Durch Anwendung verschiedener TTT Methoden (z.B. unter Anwendung des sog. „Ausschlussprinzips“) lassen sich Schmierstoff-Wirkmechanismen einzelner Inhaltsstoffe in Formulierungen erkennen, und spezifische Eigenschaften von Werkzeug-Geometrien und -Beschichtungen diesen zuordnen.

TTT Methoden

Mit Hilfe spezifischer TTT Methoden werden funktionelle Eigenschaften von Rezepturen von Kühlschmierstoffen und Schmierölen und deren Wechselwirkungen, auch unter Berücksichtigung von Werkzeug-Beschichtungen einerseits sowie von Gewindepformen und Werkzeug-Geometrien in Abhängigkeit zur Schnittgeschwindigkeit andererseits, transparent und bewertbar. Durch entsprechende Modifikationen sind diese systematisch beeinflussbar.

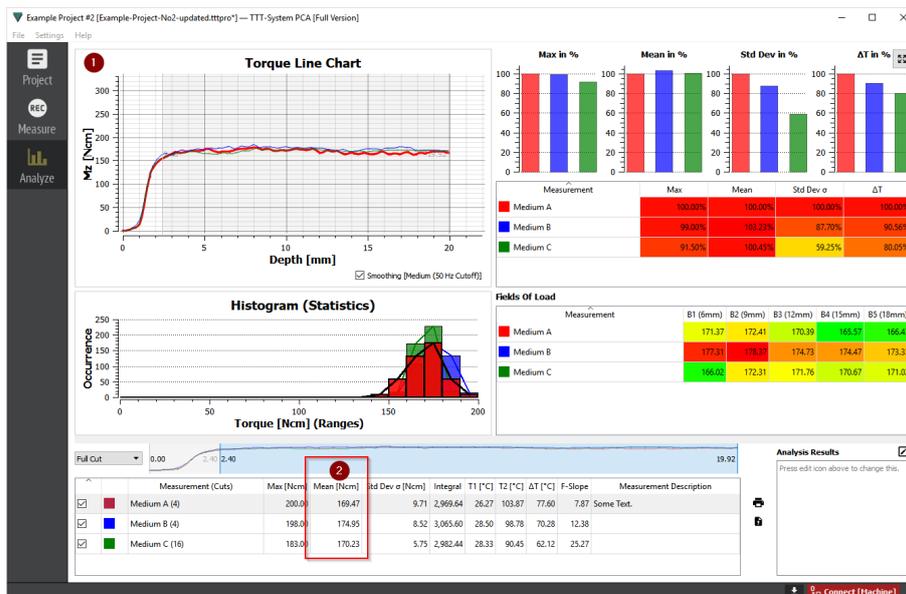
Durch die Errechnung des Temperaturwertes ΔT ergeben sich adäquate Informationen zur Kühlwirkung des Wasseranteiles und der Wechselwirkung mit anderen Prozessparametern, z. B. der Prozessgeschwindigkeit aber auch zur Gleitfähigkeit von Werkzeugbeschichtungen. Bei gleichzeitiger Betrachtung der Drehmomentwerte, z. B. dem Mittelwert oder der Standard-Abweichung, im Bezug auf den Wasseranteil eines KSS und ΔT werden tribologische Auswirkungen sichtbar.



Analyse Auswertung

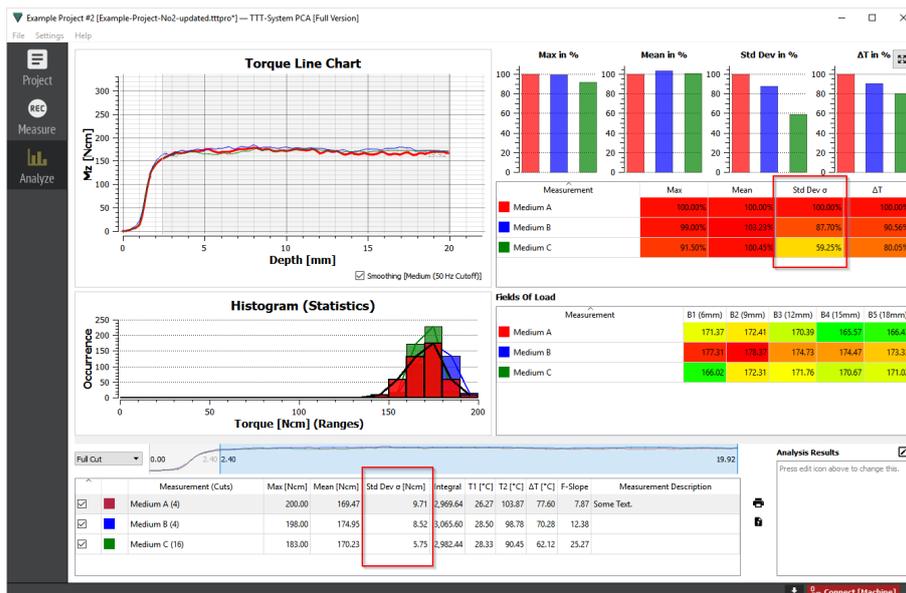
Das TTT System visualisiert Testergebnisse entsprechend der o.g. Vorgaben und den damit ermittelten Werten. Die MS Windows kompatible Auswertesoftware (Windows 7; Windows 10 (Pro / Enterprise)) erlaubt eine praxisorientierte Leistungsbewertung durch integrierte Analyse zur Bewertung aller angefallenen Drehmoment- und Temperatur-Werte.

Drehmoment Bewertungs-Parameter im Überblick



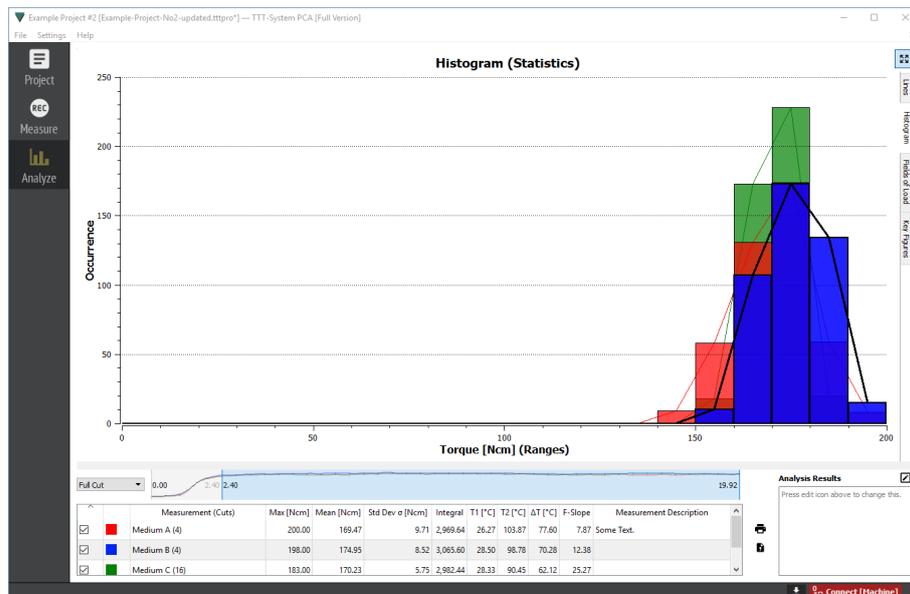
Drehmoment als Wert für die aufgewendete Kraft (Drehmoment M_z in Ncm) ❶

Mittelwert als Wert für die durchschnittlich aufgewendete Kraft ❷

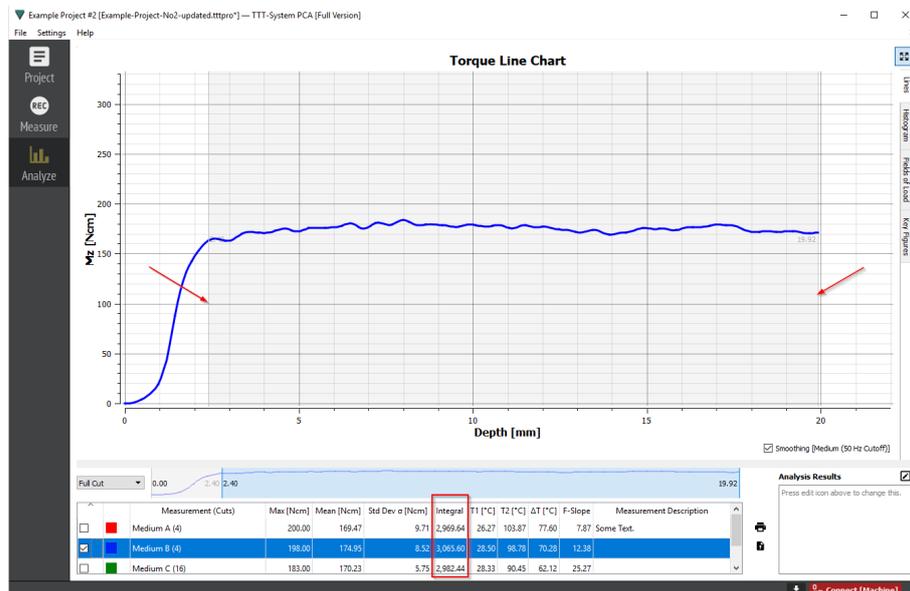


Standard-Abweichung als Wert für die mittlere Abweichung des Drehmoments um den Mittelwert. Je geringer desto homogener und „ruhiger“ der Verlauf.

Häufigkeits-Verteilung des Drehmoments / Statistik und das Integral



Häufigkeits-Verteilung als graphische Darstellung und dessen Verteilung der angefallenen Drehmomente als Histogramm (Statistik)



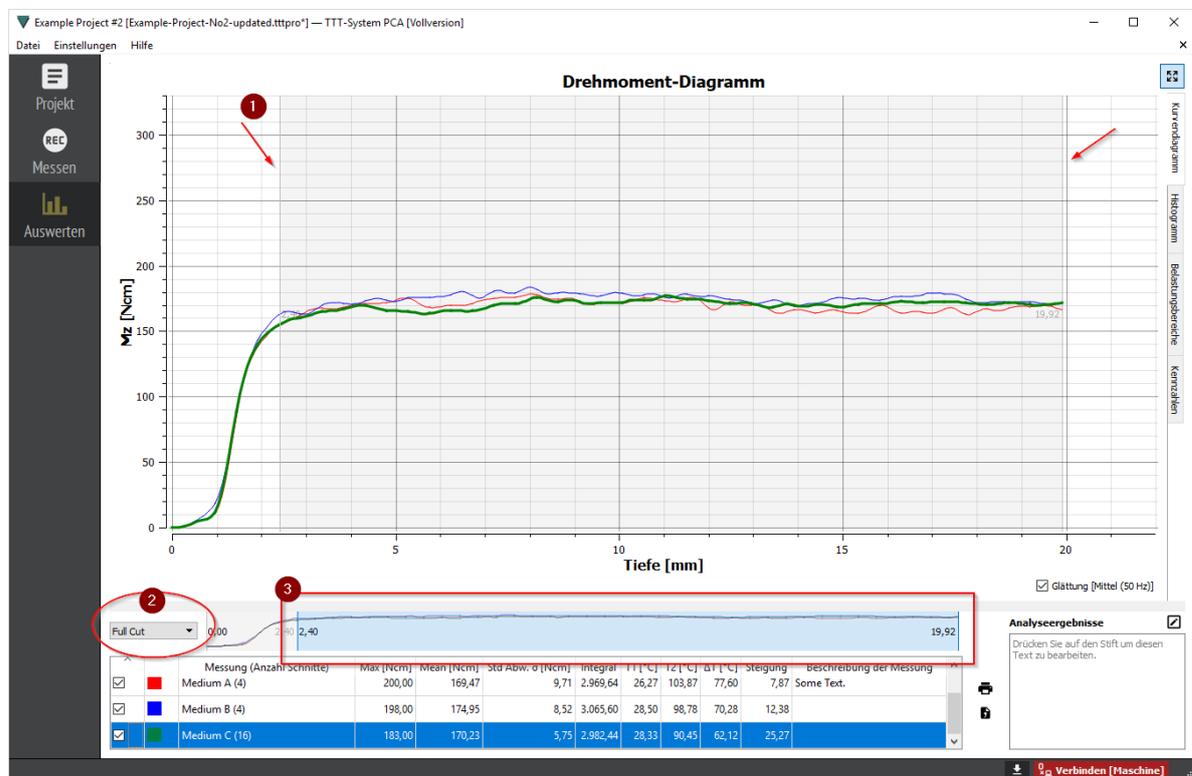
Integral als Wert für die Summe der Belastung auf das Messwerkzeug

Durch das „Flächen-Integral“ (Trapezregel) ist es möglich, zusätzlich zu den jeweiligen Messwerten wie Drehmoment zu Gewindetiefe, dem Mittelwert sowie der Standard Abweichung auch die Summe der Belastung auf das Messwerkzeug (Reibung / Stress / Verschleiß) als Integralwert darzustellen und zu bewerten.

PCA Auswertefunktionen im Überblick

Segmente (ersetzen „Dual-Cursor“ in WinPCA 3.x)

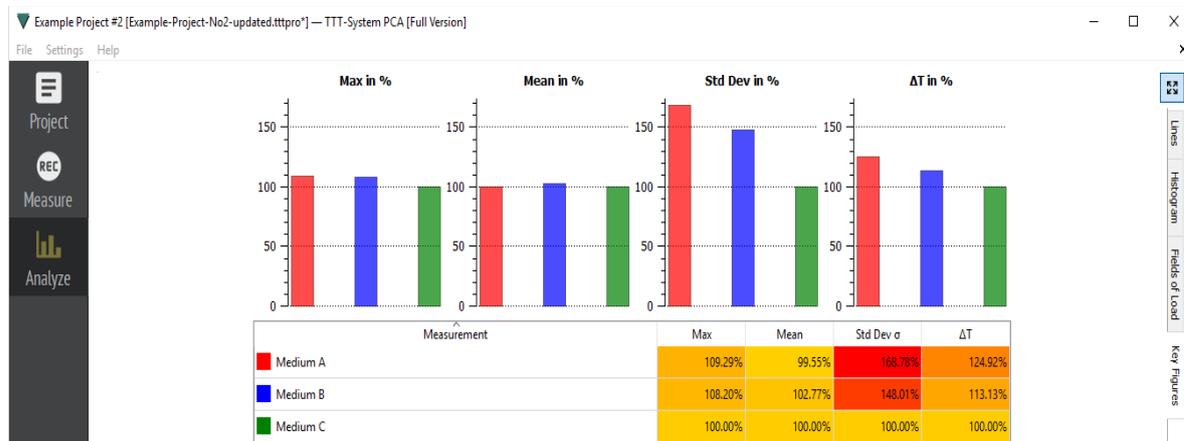
Die dargestellten Messdaten können mit den Segmenten eingegrenzt und über verschiedene Arbeits- bzw. Anforderungsbereiche bewertet werden. Typischerweise gibt es auf jeden Fall zwei Segmente: Einlauf (Run In) und Vollschnitt (Full Cut).



Im Graph werden wird das aktuelle Segment grau hinterlegt (rote Pfeile ❶). Geändert werden kann es jeweils links und rechts an den Rändern der blauen Segment Darstellung unter dem Graph (rotes Rechteck ❸). Links neben der Segment Darstellung ist das aktive Segment sichtbar welches dort geändert werden kann (Drop-Down Menü unter ❷). **Alle Daten der Tabelle oder der Kennzahlen (Key Figure) gelten IMMER nur für das aktuelle Segment** (dies gilt nicht für die Temperatur).

Funktion Balkendiagramm

Die Messwerte **Maximum, Mittelwert, Standard-Abweichung** sowie **Delta-T** können mit der Funktion Kennzahlen visuell als Balkendiagramm und relativ zueinander (in Prozent) verglichen werden. Dies ist eine Zentrale Funktion des „Auswerten“ Modus (ähnlich zur WinPCA 3.x „Analyser“-Funktion).



In diesem Beispiel ist das Medium C als Referenz (100%) gesetzt

Neue Visualisierung: Belastungsbereiche

Aufgetretenes Drehmoment an den Tiefen (6mm, 9mm usw.) wird visuell vergleichbar gemacht. Dies hilft dem Anwender Unterschiede in diesen Punkten schnell zu erkennen, auch wenn diese nah beieinander liegen.

Tribologisches Anwendungsbeispiel:

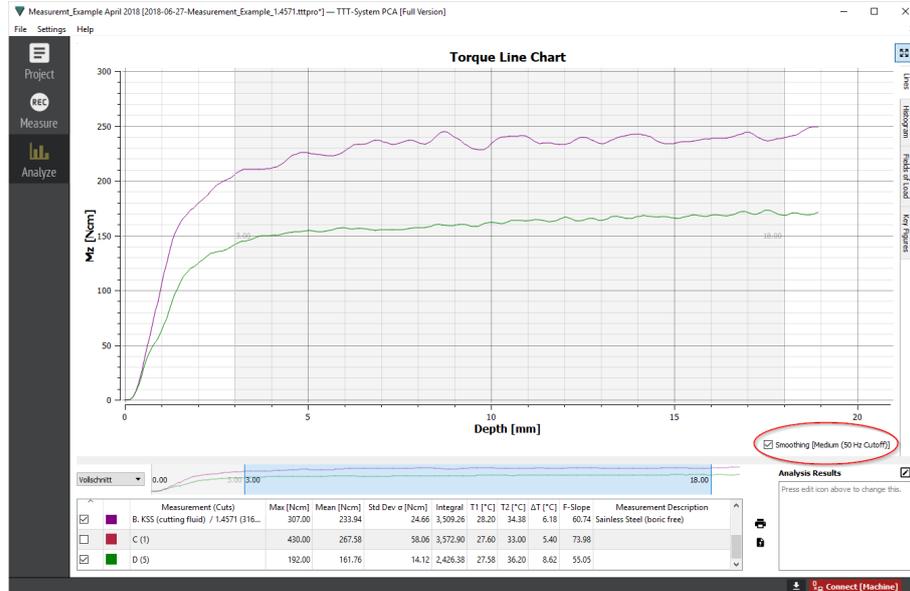
Measurement	B1 (6mm)	B2 (9mm)	B3 (12mm)	B4 (15mm)	B5 (18mm)
Medium A	171.37	172.41	170.39	165.57	166.43
Medium B	177.31	178.37	174.73	174.47	173.33
Medium C	166.02	172.31	171.76	170.67	171.02

Medium A weist bei den Tiefen B4 und B5 (siehe Abb. oben) eine niedrigeres Drehmoment (M_z) auf als bei den Tiefen B1 bis B3. Hieraus kann abgeleitet werden dass das Medium A bei den Tiefen B4, B5 und den daraus resultierenden höheren Anforderungen durch Reibung und Temperatur die bessere Schmierfähigkeit (Performance) aufweist. Medium B zeigt ein ähnliches Verhalten ist aber insgesamt schlechter. Medium C zeigt ein gegenteiliges Verhalten auf.

Es steht zu vermuten, dass aufgrund der temperaturabhängigen Wirkentfaltung von Additiven und sog. EP's hier dem Formulierer ein Werkzeug in die Hand gegeben ist, das nach dem „Auslußprinzip“ eindeutige Nachweise von deren Effizienz und Wirksamkeit zulassen und definiert werden können.

Graph-Glättung

Die Funktion "Graph-Glättung" erlaubt eine flexible Betrachtung zwischen Rohdaten und Glättung.



Die Funktions-Schaltfläche unterhalb des Drehmoment-Diagramm (Torque Line Chart) ermöglicht den schnellen Wechsel zwischen ungeglätteten Rohdaten und geglätteten Daten. Dies ist in den Modi „Messen“ sowie „Auswerten“ möglich.

Der X-Y-Positioniertisch MPT

Das TTT System ist ein labortechnisches multiples Entwicklungssystem mit integriertem microtap X-Y-Positioniertisch MPT. Im folgenden die Merkmale und Vorteile des MPT.



Start- und Bedienungs-Funktionen

Startfunktionen des X-Y-Positioniertisch MPT

- Funktionsstart mit automatischer Fixierung der Position (werksseitige Einstellung)
- Start und Klemmung bei Loslassen der Multifunktionsleiste
- Unter Verwendung der Motorstopp-Funktion, Start durch Fußschalter oder Handstarthebel

Merkmale

- Fixierung elektromagnetisch für manuelle und sichere Werkstückpositionierung
- Elektromagnetische Fixierung erfolgt erst nachdem Anschnitt
- Leichtgängige Kreuzrollenführungen realisieren die Zentrierung durch das Werkzeug

Vorteile

- Die verschiedenen o.g. Startfunktionen erlauben es, jeweils den passenden Modus zu wählen, mit welchen der Anwender sichere und fehlerfreie Messergebnisse realisiert
- Sichere und fluchtige Werkstückpositionierung bei gleichzeitig optimaler Zentrierung

Nutzen

- Schräge oder überschrittene und überformte Gewinde werden vermieden
- Messfehler durch nicht fluchtige Zentrierung werden vermieden
- Effiziente und schnelle Fertigung hochwertiger Gewinde bzw.
- Messreihen mit effektiven Laborergebnissen

Allgemeine PCA Anwendungen

Synchronisation Laborgemeinschaften

- Alle Messdaten- und Parameter-Einstellungen können projektbezogen oder zur späteren Verwendung z. B. zur Sicherstellung wiederholbarer Vorgaben zur Messreihenerstellung, insbesondere auch zur Synchronisation beteiligter Laborgemeinschaften gespeichert und wieder abgerufen werden
- Spezifischer Messreihen Parametersatz und Projekt Konfiguration sowie Betriebswerte (Testmaterial und Werkzeug) werden im Projekt gespeichert
- Einfache Zusammenstellung von Messungen (SumCut) zur analytischen und vergleichenden Auswertung
- Deutliche Farbeinteilung (Farben frei wählbar vom Nutzer) verbessert die Zuordnung von Produkten und die Darstellung der Graphen und Analyse
- Übersichtliche Darstellung der Kennzahlen als Balkendiagramme
- Prozentuale Zuordnung aller Kennzahlen zum effizienten Vergleich z.B. mit einer Referenz, einzelnen Produkt- und Entwicklungsschritten und/oder Markt- und Wettbewerbs-Produkten

Software Optimierungen

- Projektverwaltung mit allen Einstellungen (Maschinen Parameter, Betriebswerte (Werkzeug, Werkstück), alle Schnitte)
- Automatische Erstellung eines Durchschnittwertes einer Messreihe
- Farbliche Zuordnung verschiedener Produkte (Farben anpassbar), Schmier-Medien bzw. Werkzeuge und/oder Beschichtungen
- Projektbezogene Eintragung von Informationen bzw. Bewertungsergebnissen
- Wählbare Integration des Rücklauf-Verhaltens

Berechnungsformeln und -Methoden der PCA

Messformeln

Die Drehmoment-Messergebnisse werden prozesskontrolliert erfasst und in der Auswerte-Software verglichen. Die einzelnen Werte werden im Graph auf dem Monitor dargestellt. Die verwendeten Formeln zur Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung lauten wie folgt:

$$\text{Durchschnittswert (Mittelwert)} = \sum_{i=0}^{n-1} x_i / n \quad \text{StDev} = \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} [x_i - \text{ave}]^2 / n}$$

Mittelwert / Arithmetische Methode

Der Ausdruck ist die arithmetische Methode von n Größen

$$\text{„ } a_1, a_2, \dots, a_n \text{ „ } \chi_A = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \sum_{k=1}^n a_k$$

$$\text{für zwei Terme a und b } \chi_A = \frac{a+b}{2}$$

Integral: Flächenberechnung im Detail

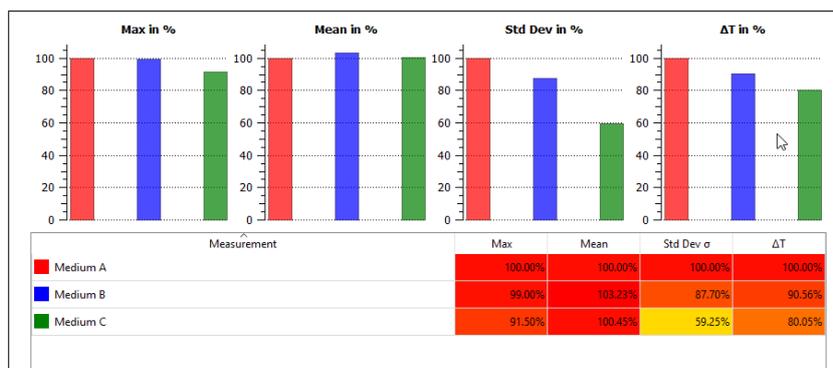
Die „Trapezregel“ beschreibt das mathematische Verfahren, wie man das Integral einer Funktion $f(x)$ im Intervall $[a, b]$ numerisch annähert (Numerische Quadratur).

Dazu ersetzt man die Gesamtfläche unter der Kurve $y = f(x)$ im gegebenen Intervall mit der maximalen Anzahl von Trapezen sämtlich möglicher Größen:

Die Summe aller Trapez-Flächeninhalte ($\sum A$) $A = \frac{a+b}{2} \times h$ liefert einen Wert, den wir als „Kenngröße“ für Reibung heranziehen.

Vergleichsmethode der Kennzahlen (Key Figures)

Das maximale Drehmoment, Mittelwert des Drehmoments, Standardabweichung, sowie der Delta T Wert werden graphisch und im Balkengraph dargestellt. Die tabellarischen Auswertungen zeigen die Differenz im aktuellen Segment von drei Messungen vom Mittelwert im Verhältnis zur Referenz (100%).

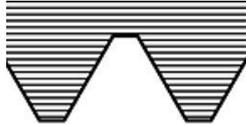


TTT Methoden (Gewinde-Formen und -Schneiden)

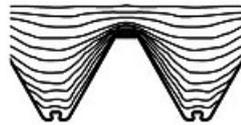
Gewindeformen

Als Standard-Messverfahren zum Nachweis der Wirksamkeit von Schmiermedien hat sich das Gewinde Formen bewährt.

Beim Gewinde-Schneiden (stellvertretend für Zerspanung) wird gegenüber dem Gewinde-Formen (stellvertretend für Umformung) ein geringeres Arbeits- bzw. Drehmoment benötigt.



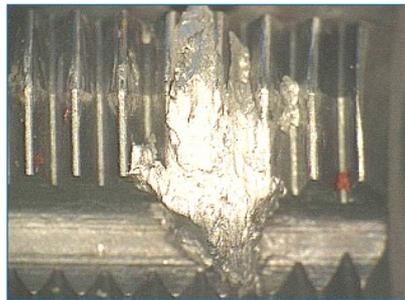
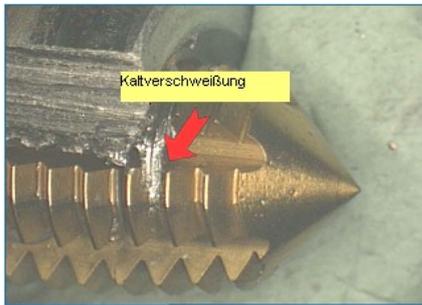
Faserverlauf beim Gewinde-Schneiden



Faserverlauf beim Gewinde-Formen

Gewindearten Vergleich

Durch den Vergleich von Messwerten aus der Umformung und des Gewindeschnittes (geringeres M_z) kann die Funktionalität für hohe und niedrige Reibung bewertet werden.



Kaltverschweißung

Eine Kaltverschweißung entsteht, wenn der Schmierfilm abreißt und sich die aufeinander wirkenden Oberflächen verschweißen. In diesem Fall ist das Messwerkzeug stark beschädigt und somit nicht mehr verwendbar

Oberfläche

Bei Prüfung mit einer Lupe bzw. einem Digital-Mikroskop kann der Zustand bzw. Verschleiß des Messwerkzeuges leicht festgestellt und dokumentiert werden. (Digital-Mikroskop als Option des TTT Systems)

Aufbauschneide

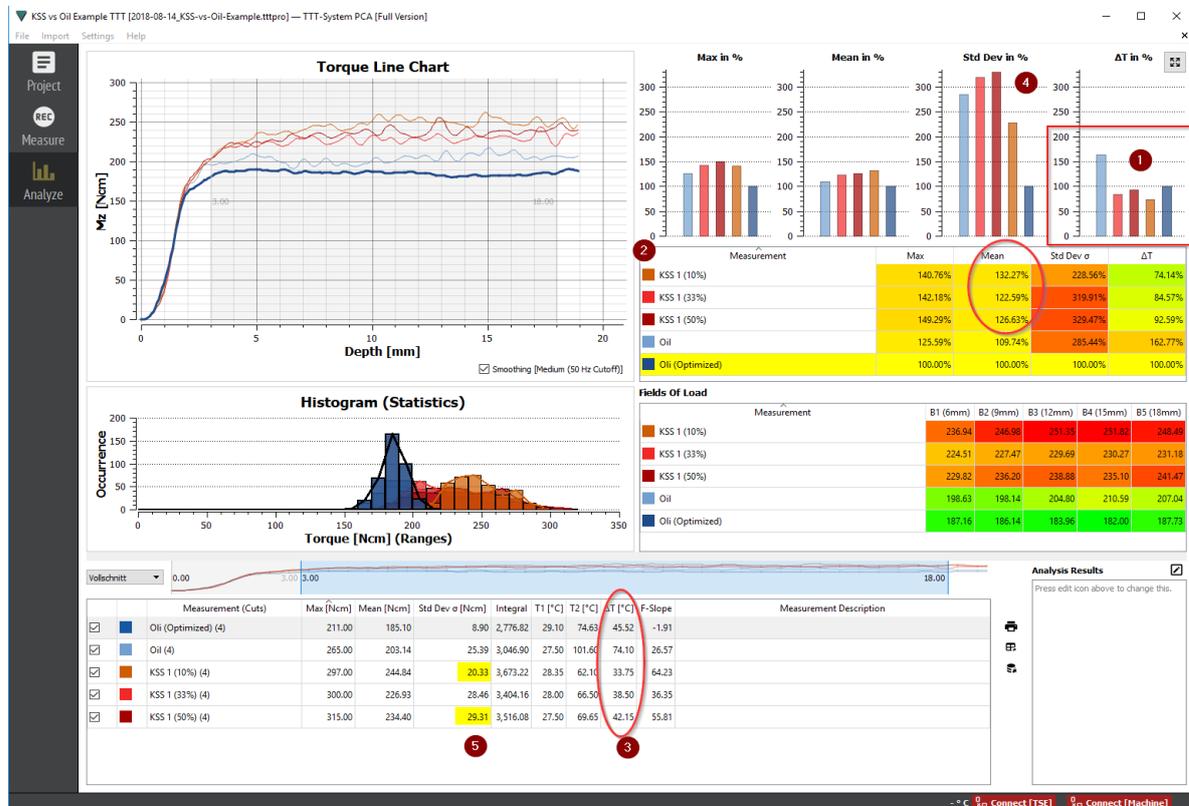
Ebenso kann mit dem Mikroskop / Lupe z. B. eine Aufbauschneidenbildung am Messwerkzeug (oder Ausbrüche) erkannt werden.

Zur optimalen Beurteilung der Oberfläche des Gewindes sollte das gefertigte Gewinde aufgeschnitten und die Oberfläche einer genauen mikroskopischen Betrachtung unterzogen werden.

Leistungsvergleich Schneidöle und Kühlschmierstoffe

Praktisches Beispiel

Untersucht wird die Funktionalität von Schneidölen im direkten Praxisvergleich mit KSS (Kühschmierstoffen) unter Verwendung von Stahl X6CrNiMoTi17-12-2 (V4A / 1.4571 / 316Ti) beim Gewindeformen M4 mit 800 Umdrehungen und 20 mm Tiefe.



Resultate und Analyse

Rot, Hellrot und Orange im Balkendiagramm ① sind drei KSS-Emulsionen. **Dunkel- und Hellblau** sind je ein Schneidöl für Edelstahl, wobei das Dunkelblaue eine Optimierung darstellt, welche auf Kundenanforderung aus Hellblau weiterentwickelt wurde. Sehr eindrucksvoll kann man hier die Differenzen bzw. die Verbesserung erkennen. In diesem Beispiel ist das **dunkelblaue** Produkt als Referenz (100 %) gesetzt.

In der tabellarischen Auswertung ② wird deutlich, dass über Maximum, Mittelwert (Mean) und Standardabweichung die drei KSS Produkte schlechter abschneiden, hier Rot/Orange gekennzeichnet. Als Referenz (gelb / 100 %) ist hier das optimierte Schneidöl gesetzt. Vor allem im ΔT-Wert ist die Optimierung zwischen den Ölen erkennbar.

Der Vergleich der KSS Konzentrationen, hier 50 % (**dunkelrot**) und 33 % (**hellrot**) sowie 10 % (**orange**) rechts im Balkendiagramm zeigt klar die „Wirkung“ vom höheren Wasseranteil (90 %) im ΔT-Wert ① ③ – aber eben auch die höhere Standard-Abweichung im Wert von 29,31 vs. 20,33 (KSS 1 10%) ④ ⑤.

Im Vergleich stehen die KSS Dunkelrot, Hellrot und Orange zu den reinen Schmierölen, Dunkel- (die optimierte Schneidöl-Variante) und Hellblau in allen Parametern gegenüber beiden Schneidölen schlechter da. Die Kühlleistung des KSS ist jedoch gut erkennbar.

TTT Methoden, Know-How und Ausblick

Carry-Over-Effekt

Ein bekanntes Problem bei dynamischen Messungen von Schmiermedien ist der sogenannte "Carry-Over-Effekt" der auftaucht, wenn verschiedene Messreihen (mit verschiedenen Schmiermedien) mit ein und dem selben Messwerkzeug durchgeführt werden (sollen).

Gemeint ist damit die „Verschleppung bzw. Transfer“ (Kontaminierung) von chemisch selbst wirkenden Additiven (oberflächenaktiver Substanzen) auf dem Werkzeug von einem Schmiermedium (Probe) in die nächste. Zu beachten sind die daraus resultierenden Wirkmechanismen, wenn in Verbindung mit bestimmten Temperaturen (!) oberflächenaktive Additive während der Bearbeitung lokal sogenannte Reaktionsschichten (reaction layers) bilden, wie z.B. FeS (Eisensulfide, Pyrit). Diese Schichten verändern beispielsweise das kristalline Gefüge von Oberflächen, ändern lokal die elektronische Struktur und vergrößern die Oberfläche. Dabei ist zu vermuten, dass sie (zumindest) im Moment ihres Wirkens nicht mehr auf der Oberfläche sitzen - wie es oft in Büchern beschrieben wird -, sondern sie selbst zur Oberfläche werden. Aus diesem Grund ist es mitunter nicht möglich, die Rückstände dieser Additive mithilfe von „chemischer Reinigung“, z.B. mit Benzin oder Aceton und abschließender Lufttrocknung vom Messwerkzeug zu entfernen.

TTT Methoden

Diese Verfälschung zu verhindern war das Ziel. Mit einer hierfür entwickelten TTT Methode lässt sich der „Carry-Over-Effekt“ erkennen. Die dabei möglichen Resultate können zu neuen Erkenntnissen führen.

Messwerkzeug-Verschleiß-Kompensation

Zusätzlich eine Kompensation der Messwerkzeugabnutzung bei einer Serie von Vergleichs-Messreihen verschiedener Schmiermedien mit nur einem Messwerkzeug zu erreichen, wird mit einer speziell zur Kostenminimierung bei Messwerkzeugen entwickelten weiteren TTT Methode ebenfalls realisiert.

Integration von Kunden-Logos

Es ist möglich ein eigenes Kundenlogo einzubinden um die erstellten Reporte (PDFs) zu branden.

Ausblick

In kooperativer Zusammenarbeit mit TTT Kunden engagieren wir uns intensiv und fortlaufend das TTT System weiter zu verbessern und freuen uns über jede Mitarbeit und Anregung.

Haben Sie Fragen, senden Sie eine Email an support@microtap.de.
Wir werden uns rasch und gerne mit Ihnen in Verbindung setzen.

Hier finden Sie das [TTT-Video](#) des Tapping-Torque-Testsystems in Funktion.