

Wälzschälen – Flexibles und effektives Fertigen von Innenverzahnungen

Power Skiving – flexible and effective production of internal gears

Was vor mehr als 100 Jahren mit dem sperrigen Titel „Verfahren zum Schneiden von Zahnrädern mittels eines zahnradartigen, an den Stirnflächen der Zähne mit Schneidkanten versehenen Schneidwerkzeugs“ zum Patent angemeldet wurde, ist heute zu einer äußerst wirtschaftlichen Verzahnungstechnologie gereift – das Wälzschälen.

Der Erfinder, Julius Wilhelm von Pittler, wollte damit innenverzahnte Ringe herstellen. Doch erst mit den technologischen Errungenschaften des 21. Jahrhunderts konnte die PITTLER T&S GmbH Verzahnungsmaschinen auf Basis der PV-Baureihe realisieren, um beispielsweise Hohlräder wirtschaftlich herzustellen. Julius Wilhelm von Pittler war damals noch gezwungen, alle Bewegungen der Maschinen mechanisch zu koppeln. Intelligente Software und eine computergesteuerte, numerische Steuerung ermöglichten erst das fünf Achsen hochgenau und synchron zueinander interpolierend verfahren. Ebenso spielten Entwicklungen im Werkzeugbereich wie beispielsweise robustere Pulver- und Hartmetalllegierungen sowie Hochleistungsbeschichtungen für Werkzeuge zu.

Aufgrund einer bis dato fehlenden effizienten Fertigungstechnologie für Innenverzahnungen, haben sich in der Antriebstechnik der letzten 100 Jahre das Stirnradgetriebe und Außenverzahnungen durchgesetzt. Im Bereich der Herstellung von Innenverzahnungen gaben vor allem die Bearbeitungsverfahren Stoßen und Räumen den Ton an. Doch das hat sich mit den jüngsten Entwicklungen der Wälzschäl-Technologie geändert. Denn mit ihr umgeht man die Nachteile der konkurrierenden Verfahren und profitiert dabei gleichzeitig von gesteigerter Flexibilität und höherem Durchsatz.

Innen- und Außenverzahnung in einer Aufspannung fertigen

Im Gegensatz zum Stoßen handelt es sich beim Wälzschälen um ein kontinuierlich abwälzendes Fertigungsverfahren. Man vermeidet dadurch den unproduktiven Hub und die Abhebewegung. Der Vorteil: Die Bearbeitungszeit reduziert sich mindestens um den Faktor 3. Außerdem ist die Wälzschäl-Technologie deutlich flexibler als das Räumen. Denn der Maschinenbediener kann über die NC-Steuerung

Maße wie das Zweikugelmaß konfigurieren. Schrägungswinkel und die Flankenform kann er ebenfalls NC-gesteuert modifizieren. Die hohe Anpassungsfähigkeit wird besonders klar, wenn man beachtet, dass die Verzahnung sowohl außen als auch innen erfolgen kann.

Bei Außenverzahnungen stehen die Technologien Wälzschälen und Wälzfräsen immer häufiger im Wettbewerb zueinander. Aufgrund des wesentlich geringeren Platzbedarfes beim Werkzeugauslauf, eröffnet die Wälzschäl-Technologie neue Möglichkeiten bei der Auslegung von kostensparenden Getriebebauteilen.

In der Vergangenheit sagten Kritiker dem Wälzschälen eine geringere Produktivität als dem Wälzfräsen nach. Das lässt sich jedoch nicht pauschalisieren. Denn bei einem optimierten Prozess sind die Hauptzeiten und die Werkzeugkosten durchaus vergleichbar.

Die Bauteilqualität wird beim Räumen in erster Linie durch die Werkzeuggeometrie der Räumnadel bestimmt und kann somit während des Bearbeitungsvorgangs nicht

PITTLER PV Maschinenbaureihe zum Wälzschälen
PITTLER PV machine range for Power Skiving

PV 315 1-1Y

Werkstückdurchmesser Workpiece diameter	30-400 mm
Vorschubkraft Feed force	23kW
Hauptspindelleistung Main spindle capacity	31kW
Skivingspindel Skiving spindle	29kW

PV 630 1-1Y

Werkstückdurchmesser Workpiece diameter	100-630mm
Vorschubkraft Feed force	25kW
Hauptspindelleistung Main spindle capacity	39kW
Skivingspindel Skiving spindle	29kW

PV 1250 1-1Y

Werkstückdurchmesser Workpiece diameter	200-1250mm
Vorschubkraft Feed force	25kW
Hauptspindelleistung Main spindle capacity	104kW
Skivingspindel Skiving spindle	29kW

beeinflusst werden. Ein weiterer Nachteil sind die hohen Kosten der Werkzeuge sowie für das Einrichten, Aufbereiten und Lagern der Nadeln.

Werkzeugwechsel spart Kosten

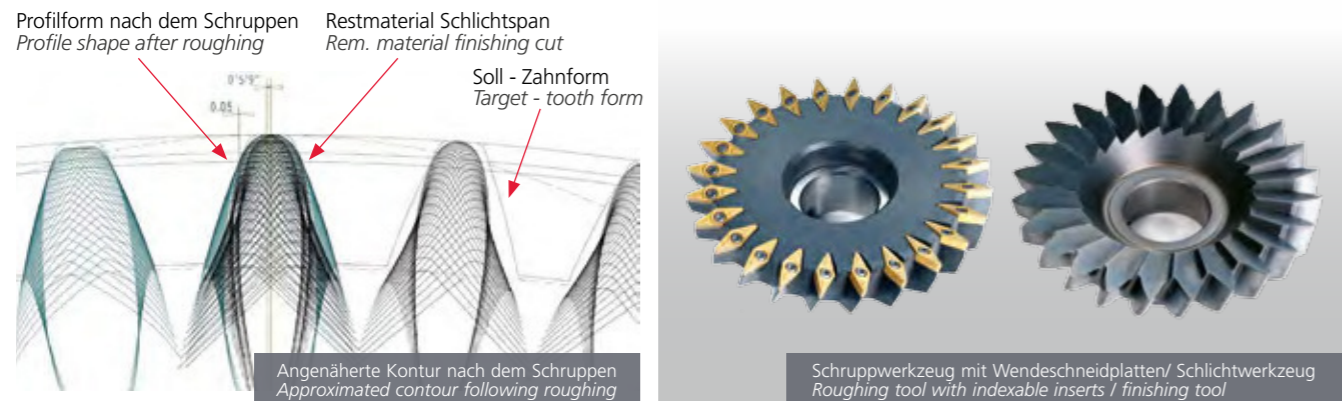
PITTLER T&S bietet mit der PV-Serie eine ganze Baureihe an Maschinen mit Wälzschäl-Technologie an. Diese deckt den gesamten Durchmesserbereich von Werkstücken zwischen 30 und 1250 mm ab. Alle Maschinen verfügen über 5-Achsen und ein Werkzeugmagazin für einen einfachen und schnellen Werkzeugwechsel.



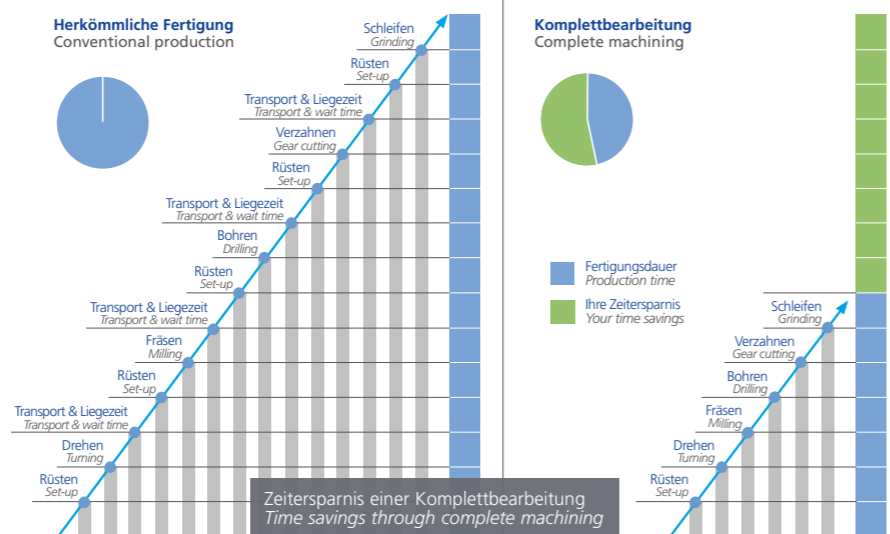
Werkzeugmagazin der PV 315 mit Wälzschäl-, Fräs-, Bohr- und Drehwerkzeugen
Tool magazine of the PV 315 with Power Skiving, milling, drilling and turning tools

Der Werkzeugwechsel, den PITTLER T&S als einziger unter den Wälzschälmaschinenherstellern anbietet, schafft neben der reinen Werkzeugverwaltung unterschiedlicher Schälräder auch die Aufnahme von taktischen Messtastern und anderen Zerspanungswerkzeugen. Somit kann eine Schnittaufteilung in Schruppen und Schlichten erfolgen.

Ein Schruppwerkzeug mit Standardwendescheidplatten entfernt mehr als 90 % des Materials. Das schont das Schlichtwerkzeug, das die Evolventen-Kontur erzeugt, entscheidend, was sich in geringeren Werkzeugkosten niederschlägt.



Ein weiterer Pluspunkt des Werkzeugmagazins der PITTLER PV-Serie ist die Möglichkeit der Komplettbearbeitung eines Werkstücks. Dadurch entfällt beispielsweise der Transport zu weiteren Maschinen und deren Beladung. Außerdem werden alle spanenden Bearbeitungen eines Werkstückes in möglichst wenigen Aufspannungen erledigt, wodurch sich das Risiko von Umspannfehlern reduziert. Weitere Vorteile: Durchlauf- und Lieferzeiten verkürzen sich, der Aufwand in der Werkstück-Handhabung verringert sich, Zwischenlagern entfällt und die Fertigungsstrukturen sind flexibel statt starr.



Ballige Zahnflanken wirtschaftlich fertigen

Im Gegensatz zu den bereits beschriebenen Verfahren, beeinflusst das Wälzschälen die Geradheit der Zahnflanken. Schneidet man beide Flanken zeitlich versetzt, erhält man ballige Zahnflanken. Somit kann man einerseits die Kontur korrigieren und andererseits neue Geometrien darstellen. Bei keinem anderen Herstellungsverfahren kann dies wirtschaftlicher erfolgen.

Vereinfachte Benutzeroberfläche

Die Wälzschälmaschinen von PITTLER T&S sind alle mit modernster Steuerungstechnik auf Basis der Siemens 840D SL aufgebaut. Hierdurch kann die Maschine als 5-Achs-Bearbeitungszentrum mit ShopMill verwendet werden. Mit einem geeigneten Postprozessor sind zudem Freiformflä-

chen mit Fräsbearbeitungen möglich. Für das Wälzschälen rüstet das südhessische Unternehmen die Maschinen mit einer speziellen Benutzeroberfläche aus. Damit kann ein Mitarbeiter mit Grundkenntnissen Verzahnungen herstellen. Das NC-Programm wird automatisch generiert. Mit Hilfe einer graphisch unterstützten Oberfläche werden die Daten abgefragt. Sie werden zusätzlich in ein automatisches Messprogramm übertragen, das die Qualität der Verzahnung kontrolliert. Das heißt, der Messtaster kann unmittelbar nach der Bearbeitung das Ergebnis vermessen. Er ersetzt zwar keine Verzahnungsmessmaschine, liefert jedoch einen ersten Quickcheck der erreichten Qualität und ist somit eine wichtige Hilfe beim Einfahren des Prozesses.

Spanntechnik mit DVS-System

Gerade beim Bearbeiten von Hohlrädern ist das Spannmittel entscheidend für die Bauteilqualität. Werden die dünnwandigen Ringe verdrückt, läuft die Verzahnung nicht mehr rund. Daher hat PITTLER T&S gemeinsam mit der SWS Spannwerkzeuge GmbH, einem assoziiertem Unternehmen der DVS TECHNOLOGY GROUP, ein spezielles Membranspannfutter sowie Sonderfutter nach dem Hydrodehnprinzip für diesen Einsatz entwickelt. Diese DVS-Systemlösung erlaubt ein feinfühliges Spannen, ohne das Bauteil unzulässig zu verformen. ■

Autor:

Dr. Markus Vos (Geschäftsführer)

Bauteile hergestellt mit dem Wälzschäl-Verfahren
Components manufactured using the power skiving method



Hohlrad/ Präzisionsgetriebe Ring gear/precision gearbox	
Innendurchmesser Inner diameter	85mm
Modul Module	0.8mm
Verzahnungshöhe Gearing height	16mm
Zähnezahl Number of teeth	108
Bauteilqualität Component quality	IT6
Werkzeugstandzeit Tool service life parts	500 Teile 500 parts
Bearbeitungszeit Operating time	<43sec



Antriebsglocke Baufahrzeug Transmission bell for construction vehicle	
Außendurchmesser Outer diameter	350mm
Modul Module	5.5mm
Verzahnungshöhe Gearing height	186mm
Zähnezahl Number of teeth	64
Bauteilqualität Component quality	<IT7
Werkzeugstandzeit Tool service life parts	30 Teile 30 parts
Bearbeitungszeit Operating time	<16min



Antriebsglocke Bogenzahnkupplung Transmission bell for curved tooth coupling	
Außen-/Innendurchmesser Outer / inner diameter	340/350mm
Modul Module	4.0/4.0mm
Verzahnungshöhe Gearing height	40/40mm
Zähnezahl Number of teeth	84/84
Bauteilqualität Component quality	<IT6
Werkzeugstandzeit Tool service life parts	100 Teile 100 parts
Bearbeitungszeit Operating time	<5min



The process with the somewhat cumbersome title of "method for cutting gear wheels using a cutting tool similar to a gear wheel with cutting edges on the faces of the teeth" in the patent application more than 100 years ago has matured into one of the most economical gear cutting technologies around – power skiving.

The inventor, Julius Wilhelm von Pittler, intended to use it to make rings with internal gearing. Yet it was only with the technological accomplishments of the 21st century that PITTLER T&S GmbH were able to realise gear cutting machines on the basis of the PV series for the efficient production of ring gears, for example. All those years ago, Julius Wilhelm von Pittler was forced to link all machine movements mechanically. It wasn't until intelligent software and a computer-controlled numeric

control came along that it was possible to move the five axes extremely precisely and synchronously to one another in an interpolating way. Developments in the tool segment such as more sturdy powder and carbide alloys as well as high-performance coating for tools also played their part.

Due to a lack of efficient production technology for internal gearing, spur gears and external gearing became established in drive engineering in the course of the last 100 years. In the field of internal gearing production, the methods shaping and broaching were the order of the day. Yet this has all changed thanks to the latest developments in the field of power skiving technology. This technology allows manufacturers to get round the disadvantages of the competing processes and benefit from increased flexibility and higher output at the same time.



Einfache Programmierung des Wälzschäl-Prozesses
Simple programming of the power skiving process

Production of internal and external gearing in one clamping

Unlike shaping, power skiving is a continual hobbing manufacturing process which avoids the unproductive stroke and removal movement. The advantage: machining time is reduced by at least the factor 3. In addition, power skiving is much more flexible than broaching, because the machine operator can configure the dimensions such as the two-ball dimension using the NC control. Helix angle and the flank shape can also be modified using the NC control. The high adaptive capacity becomes clear when it is born in mind that gearing can be cut both internally and externally.

In the case of external gearing, the technologies of power skiving and hobbing are competing more and more often. Since significantly less space is required for the tool outlet for power skiving, the technology is opening up new possibilities for designing cost-saving gearbox components. Even workpieces with constraining contours can be produced efficiently using the power skiving method.

In the past, critics claimed that power skiving was less productive than hobbing. This claim cannot be generalised, however. Because in an optimised process, the main times and tool costs are by all means comparable.

During broaching, component quality is

determined mainly by the tool geometry of the broach, and can thus not be influenced during the machining process. The high costs of the tools, set-up, treatment and storage of the broaches is another disadvantage.

Tool change saves costs

With the PV range, PITTTLER T&S offers a whole series of machines using power skiving technology. This covers the whole workpiece diameter range from 30 to 1250 mm. All the machines have 5 axes and a tool magazine for simple and fast tool change.

Alongside the pure tool management of different skiving wheels, the tool change, which PITTTLER T&S is the only power skiving machine manufacturer to offer, includes tactile measuring sensors and other metal-cutting tools. This allows the cutting process to be divided into roughing and finishing.

A roughing tool with standard indexable inserts removes more than 90% of the material. This goes decidedly easy on the finishing tool, which creates the involute contour and results in lower tool costs.

A further advantage of the tool magazine of the PITTTLER PV range is the complete machining option for workpieces. This means procurement and transport to other machines is no longer required. Reclam-

ping faults are avoided. Further advantages: processing and delivery times are speeded up, the complexity of workpiece handling is reduced, intermediate storage is not required and manufacturing structures are flexible rather than rigid.

Economic production of crowned tooth flanks

Unlike the methods already described, power skiving influences the straightness of the tooth flanks. If both flanks are cut off set, the result is crowned tooth flanks. This allows the contour to be corrected on the one hand, and new geometries to be created on the other. This cannot be done more efficiently by any other other manufacturing method.

Simplified user interface

The power skiving machines from PITTTLER T&S are all constructed with the very latest control technology on the basis of Siemens 840D SL. This allows the machine to be used as a 5-axis machining centre with ShopMill. In addition, a suitable post-processor makes free-form surfaces with milling possible. The company, based in southern Hesse, equips the machines with a special user interface for power skiving. This allows an employee with basic knowledge to produce gearing. The NC program is generated automatically. The data is requested with the aid of a graphic interface. The data is also

transferred to an automatic measuring program which checks the quality of the gearing. This means the measuring sensor can measure the result directly after machining. It does not replace a gearing measuring machine, but does provide a first quick check of the quality achieved and is thus an important aid during process run-in.

Clamping technology with DVS system

Concentricity is essential for component quality, particularly where thin-walled ring gears are being machined. This is why PITTTLER T&S got together with SWS Spannwerkzeuge GmbH, an associated company within the DVS TECHNOLOGY GROUP, to develop a special diaphragm chuck as well as special chucks using the hydro expansion principle for this application. This DVS system solution permits sensitive clamping without warping the component. ■

Author:
Dr. Markus Vos (Managing Director)



KONSTRUKTION INSIDE

Ohne Schwingungen schneller schleifen

Dynamische Optimierung von Schleifprozessen

Grinding faster without oscillation

Dynamic optimisation of grinding processes



Bild 1: Beschleunigungssensor zur Schwingungsmessung

Die Arbeitsgenauigkeit einer Schleifmaschine wird durch die an der Schnittstelle zwischen Werkzeug und Werkstück auftretenden Abweichungen von den vorgegebenen Arbeitsbewegungen bestimmt. Diese geometrischen und kinematischen Abweichungen werden mitunter durch statische und dynamische Kräfte bewirkt, die alle im Kraftfluss der Maschine liegenden Bauteile wie beispielsweise Gestelle, Betten, Schlitten oder Spindeln verformen. Die Realisierung einer geforderten statischen Steifigkeit ist heute mit modernen Rechenverfahren im Konstruktionsstadium mit guter Genauigkeit möglich. Hinsichtlich der dynamischen Steifigkeit der gesamten Schleifmaschine treten jedoch viele Wechselwirkungen auf, die nur schlecht abgeschätzt werden können. Das liegt vor allem an den fehlenden Erkenntnissen über die Dämpfung und Steifigkeit von Fugen und Verbindungen. Um weitere Potentiale zur Erhöhung der Schnitt-

geschwindigkeiten und reduziertem Werkzeugverschleiß erkennbar zu machen, führen die Konstrukteure der BUDERUS Schleiftechnik tiefgehende Messungen des Schwingungsverhaltens an ihren Schleifmaschinen durch.

Während statische Verformungen sich als konstante Fertigungsfehler auswirken und somit relativ leicht kompensiert werden können, rufen dynamische Belastungen periodische Wechselverformungen, also Schwingungen hervor. Erzwungene (fremderregte) Schwingungen treten infolge periodischer Wechselkräfte auf, die auf die Maschine einwirken. Beispielhaft seien Prozesskräfte, Unwuchten in Antriebssträngen, Druckpulsationen in Hydraulikaggregaten oder äußere Einflüsse von benachbarten Anlagen genannt. Diese Kräfte treten mit bestimmten Frequenzen auf und regen die Maschinen an, mit genau dieser Frequenz zu schwingen.

Durch Schwingungen kommt es zu Beschädigungen am Werkstück und zu einer schlechteren Oberflächengüte. Werkzeuge können schneller verschleifen und eher brechen. Die Schleifmaschine selbst kann durch Vibrationen einen erhöhten Verschleiß in Antrieben, Führungen und Lagerungen erfahren. Ziel der dynamischen Optimierung ist es, durch Minimierung der Schwingungen die Prozessstabilität beim Schleifen zu erhöhen.

Das Messverfahren

Grundsätzlich können Schwingungen an der stehenden oder laufenden Maschine ermittelt werden. Gemessen wird mit Beschleunigungssensoren.

Durch Messung an einer stehenden Schleifmaschine können Eigenfrequenzen von Strukturbauteilen ermittelt werden. Ein Beschleunigungssensor (Bild 1) wird dazu in der zu messenden Richtung (z.B. X-Richtung im Maschinenkoordinatensystem) auf die zu untersuchende Komponente angebracht. Untersucht werden typischerweise Schleifdorne,

Spindelgehäuse, Mittenlager, Abrichter, Gestellbauteile aber auch Verkleidungsteile. Mit einem Impulshammer wird in Sensorrichtung geklopft. Als Ergebnis erhält man exemplarisch die in Bild 2 dargestellte Eigenfrequenz. Diese Eigenfrequenz (auch als Resonanzfrequenz bekannt) zeigt, bei welcher Frequenz ein Bauteil bei Schwingungsanregung schwingt. Dabei wird meist nicht der Zeitverlauf zur Auswertung benutzt sondern eine Fourier-Zerlegung der Messwerte (FFT). Während beim Zeitverlauf lediglich gezeigt wird, dass eine Schwingung vorkommt, wird bei der FFT auf einen Blick sichtbar, bei welcher Frequenz diese Schwingung auftritt.

Bei der Messung während eines Bearbeitungsprozesses wird der Schwingungssensor meist an einem Spindelgehäuse in der Maschine angebracht. Mit einem modernen Schwingungsmessgerät können Daten über mehrere Stunden aufgezeichnet werden. Meist reicht auch ein einfacheres Messsystem, welches während der Messung eine Fourier-Zerlegung anzeigen kann. Damit können beispielsweise Unwuchten ermittelt werden. In Bild 3 wird eine Fourier-Analyse (unten) mit zeitlichem Signalverlauf (oben) gezeigt. In der Fourier-Analyse taucht bei ca. 620 Hz eine Eigenfrequenz auf. Diese ist auch als ganzzahliges Vielfaches bei höheren Frequenzen wieder zu finden. Die 620 Hz entsprechen hier der Anregung durch eine Spindel-Unwucht (Drehzahl 37.200 1/min).

Interpretation der Messergebnisse

Aus den gemessenen Werten für eine bestimmte Frequenz und einer Beschleunigung kann die Schwingungsamplitude für eine Feinwelligkeit berechnet werden. Als Grundzusammenhänge werden folgende Formeln verwendet:

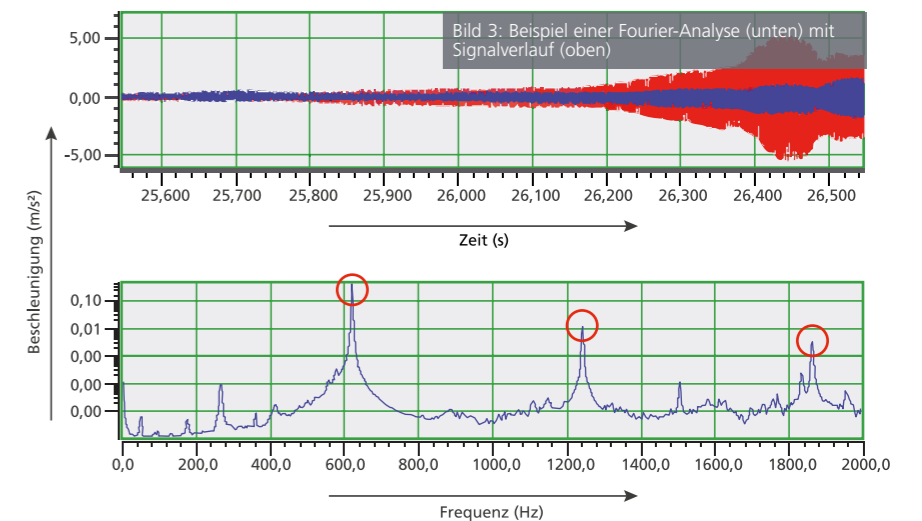
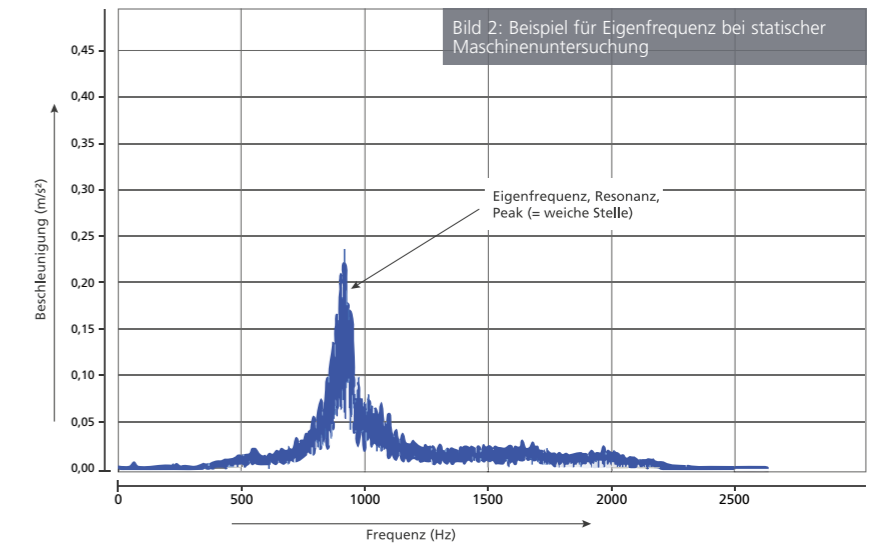
$$a = A \cdot \omega^2$$

$$v = A \cdot \omega$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$n = f/60$$

mit
a = Beschleunigung in m/s²



v = Schwinggeschwindigkeit in m/s
A = Amplitude in m
 ω = Kreisfrequenz
f = Frequenz in Hz
n = Drehzahl in 1/min

Die Schwingweite berechnet sich aus dem doppelten Wert der Amplitude und stellt den maximalen Oberflächenfehler, welcher durch die Schwingung verursacht wird, dar.

Bei einer Außenschleifspindel mit 1.500 1/min und gemessenen 0,1 m/s² ergibt sich eine rechnerische Schwingweite von 8,1 μ m und eine max. Schwing-

geschwindigkeit von 0,63 mm/s. Beim Innenschleifen sind die Drehzahlen bzw. Spindelfrequenzen wesentlich größer. Bei 30.000 1/min und einer gemessenen Beschleunigung von 1 m/s² beträgt die Schwingweite lediglich 0,2 μ m; die Schwinggeschwindigkeit beträgt hier aber ebenso max. 0,8 mm/s. Die Schwinggeschwindigkeit kann auch als Wuchtgüte gelesen werden. In der Praxis sind hier Werte unter 1 mm/s „gute Werte“.

Um eine Verbindung zwischen den gemessenen Schwingungswerten der stehenden und der laufenden Maschine zu bekommen, gibt es noch eine weitere

Messetermine & Kontakt / Trade show dates & contact

MESSETERMINE 2017 TRADE SHOW DATES 2017



IMTEX 2017
18th Indian Metal-Cutting Tool Exhibition
with international participation
26.01.2017 - 01.02.2017
International Exhibition Centre
Bangalore, India



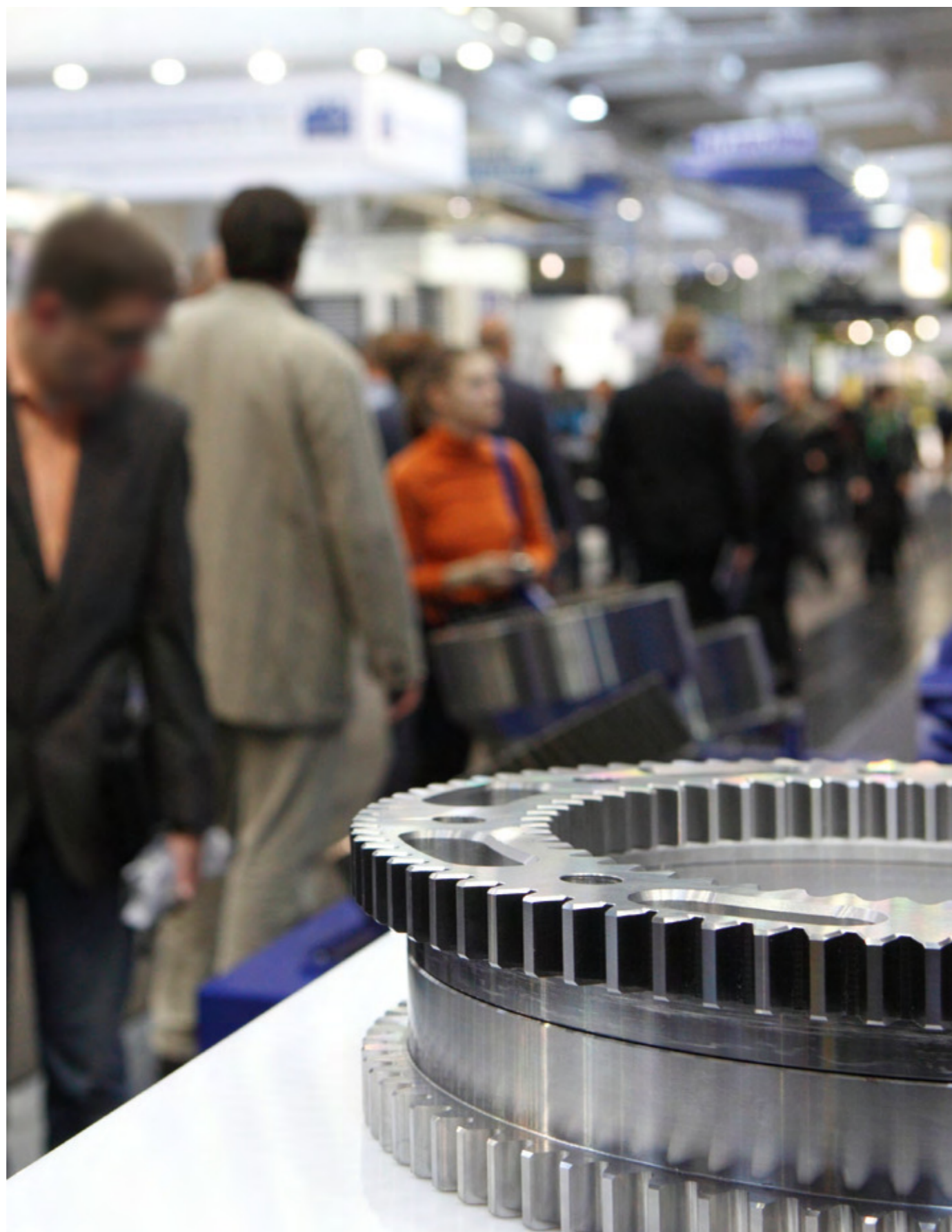
CIMT 2017
The 15th China International
Machine Tool Show
17.04.2017 - 22.04.2017
New China International Exhibition
Centre (NCIEC)
Beijing, China



EMO Hannover 2017
"Connecting systems for
intelligent production"
18.09.2017 - 23.09.2017
Messezentrum
Hannover, Germany



Gear Expo 2017
24.10.2017 - 26.10.2017
Greater Columbus Convention Center
Columbus, Ohio, USA



ADRESSEN ADDRESSES



BUDERUS Schleiftechnik GmbH
Industriestraße 3
35614 Aßlar, Germany

T. +49 (0) 6441 8006 0
F. +49 (0) 6441 8006 16
info@buderus-schleiftechnik.de
www.buderus-schleiftechnik.de



DISKUS WERKE
Schleiftechnik
Schleiftechnik GmbH
Johannes-Gutenberg-Straße 1
63128 Dietzenbach, Germany
Germany

T. +49 (0) 6074 48402 0
F. +49 (0) 6074 48402 36
kontakt@diskus-werke.de
www.diskus-werke.de



PITTLER T&S GmbH
Johannes-Gutenberg-Straße 1
63128 Dietzenbach, Germany

T. +49 (0) 6074 4873 0
F. +49 (0) 6074 4873 294
info@pittler.de
www.pittler.de



PRÄWEMA
Antriebstechnik GmbH
Hessenring 4
37269 Eschwege, Germany

T. +49 (0) 5651 8008 0
F. +49 (0) 5651 12546
vertrieb@praewema.de
www.praewema.de



WMZ
Werkzeugmaschinen
**Werkzeugmaschinenbau
Ziegenhain GmbH**
Am Entenfang 24
34613 Schwalmstadt-Ziegenhain
Germany

T. +49 (0) 6691 9461 0
F. +49 (0) 6691 9461 20
info@wmz-gmbh.de
www.wmz-gmbh.de



WMS
Werkzeugmaschinenbau
Sinsheim GmbH
Werderstraße 84
74889 Sinsheim, Germany

T. +49 (0) 7261 695 0
F. +49 (0) 7261 695 29
info@wms-sinsheim.de
www.wms-sinsheim.de



DVS Production GmbH
Lindenstraße 5
99819 Krauthausen
Germany

T. +49 (0) 3691 88338 0
F. +49 (0) 3691 88338 50
info@dvs-technology.de
www.dvs-technology.de



**FRÖHLICH CNC
Produktion GmbH**
Gewerbestraße 18
75057 Kürnbach, Germany

T. +49 (0) 7258 93092 0
F. +49 (0) 7258 93092 22
info@cnc-froehlich.de
www.cnc-froehlich.de



NAXOS-DISKUS
Schleifmittelwerke GmbH
Werner-von-Siemens-Straße 1
35510 Butzbach, Germany

T. +49 (0) 6033 - 899 0
F. +49 (0) 6033 - 899 300
info@naxos-diskus.de
www.naxos-diskus.de



DVS TOOLING GmbH
Breddestraße 5a
58675 Hemer, Germany

T. +49 (0) 2372 55250 0
F. +49 (0) 2372 55250 11
info@dvs-tooling.de
www.dvs-tooling.de



**DVS Technology
America, INC.**
44099 Plymouth Oaks Blvd.
Suite 102,
Plymouth, MI 48170, USA

T. +1 734 656 2080
F. +1 734 656 2091
sales.america@dvs-technology.com



**DVS Technology
(Shenyang) Co., LTD.**
No.3-2 Feiyun Road,
Hunnan New District
110168 Shenyang, PR. China

T. +86 24 2382 5908
F. +86 24 2382 5906
sales.china@dvs-technology.com



**DVS Technology
Europe GmbH**
Lerchenauer Straße 168
80935 München
Germany

T. +49 (0) 89 3575 7488
F. +49 (0) 89 3589 6701
sales.europe@dvs-technology.com

IMPRESSUM IMPRINT

DVSpezial
Informationen der
DVS TECHNOLOGY GROUP
Information from the
DVS TECHNOLOGY GROUP.
Ausgabe No. 15
Stand: September 2016
Edition No. 15
As of September 2016

Redaktion / Editorial
Oliver Koch-Kinne
Marc Hoffmann
Sabri Deniz Martin
Bernd Rothenberger

Gestaltung / Layout
Admassu Mamo Kombolcha

Fotographie / Photography
Jürgen Kornaker