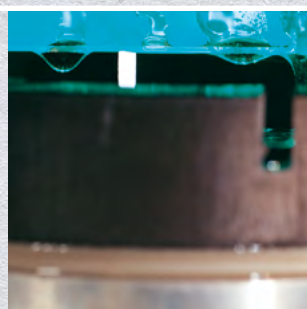
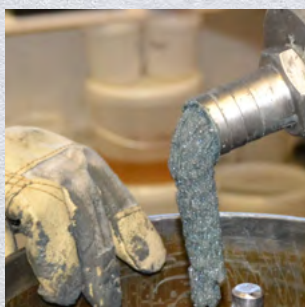




Elastisch gebundene Schleif- und Polierwerkzeuge

ARTIFEX Dr. Lohmann GmbH & Co. KG
Feldstrasse 8 · DE-24568 Kaltenkirchen
Telefon: 04191 935-0
info@artifex-abrasives.de
www.artifex-abrasives.de

EINLEITUNG

Zu den bevorzugten Werkzeugen für die Bearbeitung verschiedenster Werkstoffoberflächen gehören keramisch gebundene Schleifwerkzeuge mit Korund und Superabrasives mit Diamant oder kubischem Bornitrid (CBN), die Letzteren auch in metallischer Bindung. Diese beiden Typen von Trägern sind in einem entscheidenden Aspekt identisch: Ihre jeweilige Steifheit bringt gewisse Einschränkungen in der Anwendung mit sich.

Weniger bekannt sind demgegenüber elastisch gebundene Schleifscheiben, deren Einsatzmöglichkeiten die Reichweite herkömmlicher Schleifmittel in vielen Punkten übertreffen. Hervorzuheben ist zum einen die Eigenschaft elastisch gebundener Schleifmittel, sich an das Werkstück anzupassen, ohne Gefahr, dabei die Geometrie des Werkstückes zu verändern. Vor allem aber sind bei deren Einsatz Oberflächen mit Rautiefen von $R_z < 1 \mu\text{m}$ zu erzielen, weshalb sich die Anwendung dieser Schleifmittelgattung immer dort anbietet, wo mit konventionellen Oberflächenwerkzeugen keine weitere Verbesserung mehr zu erzielen wäre. Tatsächlich wurden erste elastische Schleifwerkzeuge bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelt: Putzblöcke in Faktis-Bindung. Sie wurden zur Reinigung holzbefuerter Herde benutzt. Ebenso verwendete man sie bei der Entfernung von Flugrost auf dem seinerzeit nicht rostfreien Besteck. Heute existiert – abgestimmt auf die vorhandene Maschinentechnik – bereits eine Vielzahl unterschiedlicher mit Schleifkorn durchsetzter Bindungssysteme für die jeweilig angestrebte Oberflächengüte. Im Folgenden sollen die Grundlagen für das Arbeiten mit elastisch gebundenen Schleifwerkzeugen wie deren besondere Vorzüge vorgestellt werden.



Bild 1:
Bindungsaufbau
(v. l. n. r.) aus Schleifkorn,
Kautschuk und Additiven
(Werkfoto Artifex)

Elastische Schleifwerkzeuge bestehen zunächst aus den üblichen abrasiven Stoffen, wie Siliziumcarbid, Korund oder anderen Poliermitteln als Schleifmaterial. (Bild 1 / Seite 1). Die besonderen Werkzeugeigenschaften treten mit dem Trägermaterial hinzu.

Bringt man das Schleifmaterial in eine Matrix aus elastischen Werkstoffen wie Polyurethan, Kautschuk oder modifizierte Kunstharze (Epoxidharz, Polyesterharz) ein, erhält man Schleifwerkzeuge in passenden Elastizitätsgraden für den jeweiligen Anwendungsbereich (Bild 2).

Der chemische Aufbau der jeweiligen Bindung beeinflusst im Zusammenspiel mit dem eingebrachten Schleifkorn die späteren Eigenschaften des Werkzeugs.

Hinzu tritt, dass sich die Faktoren Härte, Elastizität, Kornart, Korngröße und Kornanteil verschieden kombinieren und variieren lassen. Auf diese Weise wird eine perfekte Einstellung auf die jeweilige Schleif- oder Polieraufgabe erzielt.



Bild 2:
Sortimentsübersicht
(Werkfoto Artiflex)

Die Herstellung von elastischen Schleifwerkzeugen ist ein chemischer Prozess. Ausgehend von flüssigen oder weichen Ausgangsmaterialien wird nach dem Vermengen von Bindungsmatrix und abrasiven Partikeln die Mischung in Formen gegeben und darin ausgehärtet (Bild 3).

Bei der Herstellung von Werkzeugen auf Basis von Polyurethan wird in der Regel ein flüssiges Bindungssystem portionsweise mit dem Schleifkorn oder durch kontinuierliche Zugabe vermischt. Nach dem Abfüllen in die Form reagiert das System aus Trägermaterial und Abrasivum und geht langsam in den gewünschten Festzustand über. Durch entsprechende Zusammensetzung der Ausgangsstoffe kann eine große Bandbreite von schwammartig weichen bis zu feinporös harten Schaumstoffen erzeugt werden.

Systeme mit dem Trägermaterial Kautschuk werden, wie in der Gummiindustrie üblich, auf Mischwalzen hergestellt. In diesem Herstellungsprozess werden Schleifkorn und Hilfsmittel langsam in den Kautschuk eingewalzt. Danach wird die gewonnene Rohmischung in die gewünschte Form gebracht und mit Wärme vulkanisiert. Anschließend werden die Schleifwerkzeuge auf Bearbeitungsmaschinen wunschgemäß konfektioniert (Bild 4).

Aufgrund der abrasiven Eigenschaften des Materials werden dabei an die Verschleißfestigkeit von Maschine und Bearbeitungswerkzeug besondere Anforderungen gestellt. Zur Weiterverarbeitung von Schleifmitteln müssen daher in der Regel Diamantwerkzeuge eingesetzt werden.



Bild 3:
Arbeitsschritt Abfüllung in Formen
bei einem Polyurethansystem
(Werkfoto Artifex)



Bild 4:
Abdrehen von elastischen
Schleifscheiben
(Werkfoto Artifex)

ELASTISCHE SCHLEIFWERKZEUGE

Härte:

Die Härte der Schleifwerkzeuge aus elastischer Bindung wird, wie in der Gummi- und Kunststoffindustrie üblich, entweder an der Skala nach Shore (A und D) oder anhand der Kugeldruckhärte nach DIN 53 456 gemessen. Die Messung des hinzutretenden variablen Faktors Elastizität erfolgt in der Regel über die Rückprallelastizität nach DIN 53 512.

Arbeitshöchstgeschwindigkeiten:

Aus der Natur der elastischen Bindung ergeben sich auch deren Grenzen in Hinsicht auf die mechanische Belastbarkeit. Für weiche Schleifscheiben bilden 15 bis 25 m/s und mit einer Verstärkung der Bohrung bis zu 30 m/s die Obergrenze der Arbeitshöchstgeschwindigkeit. Harte Polyurethanscheiben erlauben eine Geschwindigkeit bis zu 40 m/s.

Abrichten / Profilieren:

Für das Abrichten bzw. die Profilierung elastisch gebundener Schleifwerkzeuge können nahezu alle üblichen Abrichter oder Profilrollen eingesetzt werden. Bevorzugt gebraucht man hierbei Diamantwerkzeuge. Allerdings können elastische Schleifscheiben ebenfalls mit keramischen Schleifwerkzeugen abgerichtet werden (Bild 5). Der Überdeckungsgrad zeigt im Unterschied zum Abrichten keramischer Schleifmaterialien bei elastischen Trägern keinen großen Einfluss auf das Schleifergebnis oder die Schleifleistung in der finalen Anwendung.

Selbst bei hartelastischen Schleifscheiben auf Polyurethanbasis ist in der Regel ein Einfahren in das Werkstück hinreichend, um die gewünschte Profilierung zu erzielen. Die Profilierung bleibt für die gesamte Lebensdauer der Schleifscheibe erhalten, da diese sich im laufenden Prozess immer wieder erneuert. Keramische Schleifscheiben hingegen müssen wiederholt mit einem Diamantwerkzeug nachbearbeitet werden. Hier kommt die erwähnte Eigenschaft einer elastischen Schleifscheibe zum Tragen, sich dem Profil ihres Werkstückes anzuschmiegen, während ein keramisches Schleifwerkzeug bei fehlerhafter Zuführung zu Bruch geht oder die Geometrie des Werkstücks zerstört.

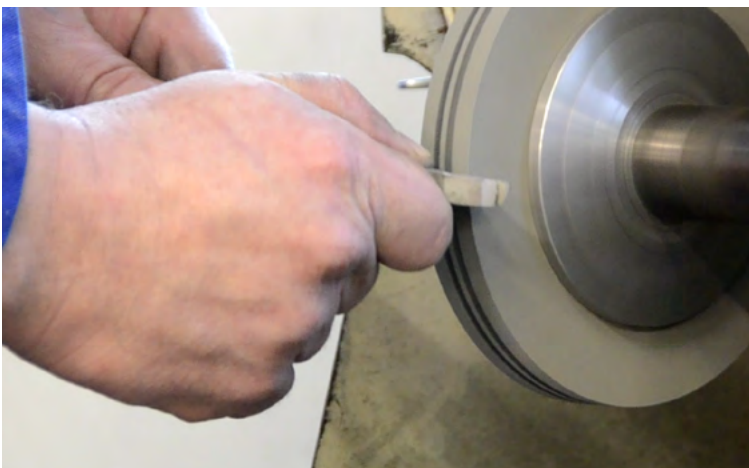


Bild 5:
Abrichten einer elastischen
Polyurethansscheibe
(Werkfoto Artifex)

EIGENSCHAFTEN

Die elastische Lagerung des Schleifkorns führt zu den vorteilhaften Eigenschaften dieser Schleifwerkzeuge gegenüber solchen auf Keramikbasis (Bild 6).
Durch die perfekte Anpassungsfähigkeit an die Geometrie des Werkstückes wird tatsächlich nur die Oberfläche bearbeitet, ohne die Geometrie des Werkstückes wesentlich zu verändern.

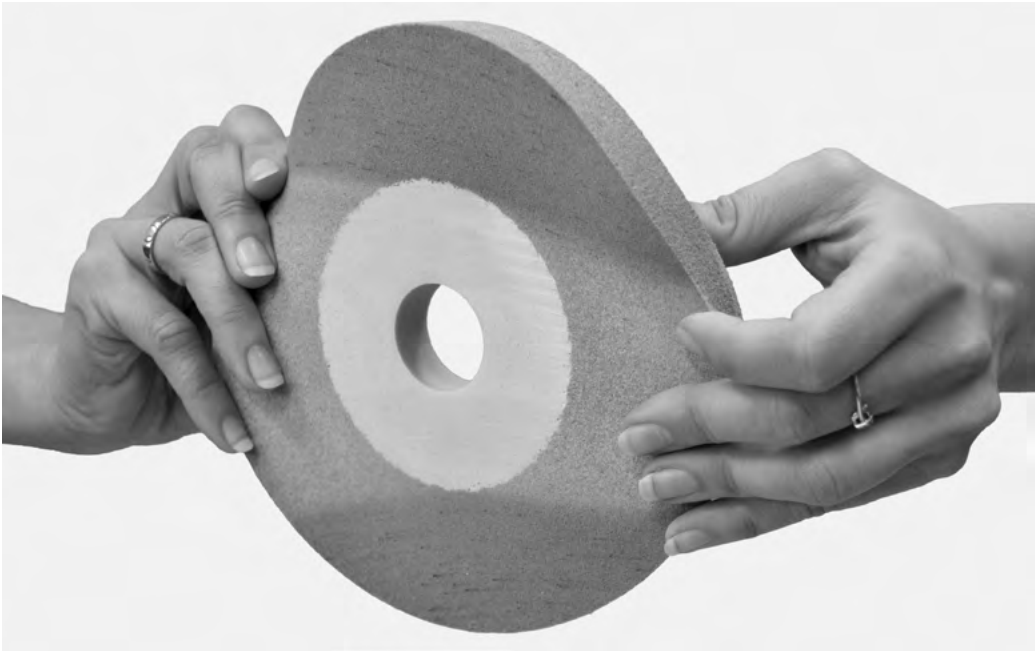


Bild 6:
Demonstration der Elastizität einer Polyurethanscheibe
(Werkfoto Artifex)

Die Schleifwerkzeuge in elastischer Bindung ‚verzeihen‘ auch Bedienungsfehler, z. B. falsche Maschineneinstellung, denn selbst bei unnötig hohen Zustellungen beschädigen sie weder Maschine noch Werkstück.

Das Alleinstellungsmerkmal von elastischen Schleifscheiben besteht aber vor allem in folgendem Punkt:

Die möglichen Rautiefen (bis $R_z < 1 \mu\text{m}$) reichen bereits in den Bereich des Polierens hinein. In Hinblick auf das Arbeitsergebnis können die Begriffe ‚Schleifen‘ und ‚Polieren‘ also synonym verwendet werden.

Bei der Arbeit an Handschleifböcken mit einer manuellen Teilezuführung (Bild 7) macht sich die dämpfende Eigenschaft der elastischen Bindung positiv bemerkbar.

Die Teile lassen sich leicht und ohne Springen an die Schleifscheibe schmiegen. Dies ermöglicht einen variierenden Andruck, mit dem das Schleif-Ergebnis manuell gesteuert werden kann.

Bei automatisierten Fertigungsprozessen mit einer CNC-Steuerung führt die Verwendung elastischer Schleifwerkzeuge bei korrekter Prozessauslegung zu optimalen Ergebnissen.

Auf spitzenlosen Rundschleifmaschinen werden gummigebundene Walzen als Regelscheiben verwendet. Bei entsprechenden Werkstücken können dann polyurethanegebundene Scheiben als Schleifmedien eingesetzt werden.

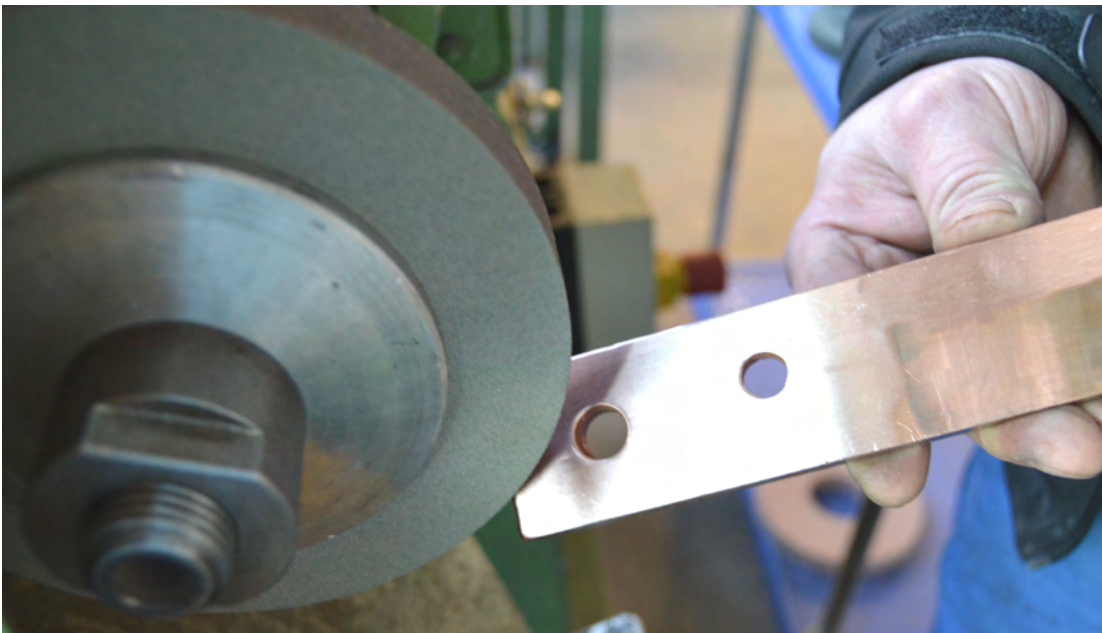


Bild 7:
Elastische Schleifscheibe im Einsatz
(Werkfoto Artifex)

Die von der Verwendung keramischen Schleifwerkzeugs bekannten Rahmen- und Anfangsbedingungen zur Prozessauslegung, wie zum Beispiel Prozessdauer, Aufmaß oder weitere Stellgrößen, müssen beim Einsatz elastisch gebundener Schleifwerkzeuge neu ausgelegt und entsprechend getestet werden.

Unter den Stellgrößen kommt der Zustellung dabei der größte Einfluss zu:

Über diesen Parameter wird das Kraftniveau festgelegt – und dies ist für die Arbeitsergebnisse bei der Verwendung von elastisch gebundenen Schleifwerkzeugen von elementarer Bedeutung (Bild 8). Aufgrund der jeweiligen Elastizität dieser besonderen Schleifmedien ist eine spezifisch zu ermittelnde Mindestkraft zwingend zu überschreiten, was sich von den Gepflogenheiten im Umgang mit keramischen Medien unterscheidet.

Das Gesamtsystem muss also ausreichend verspannt sein, damit der gewünschte Materialabtrag erfolgt.

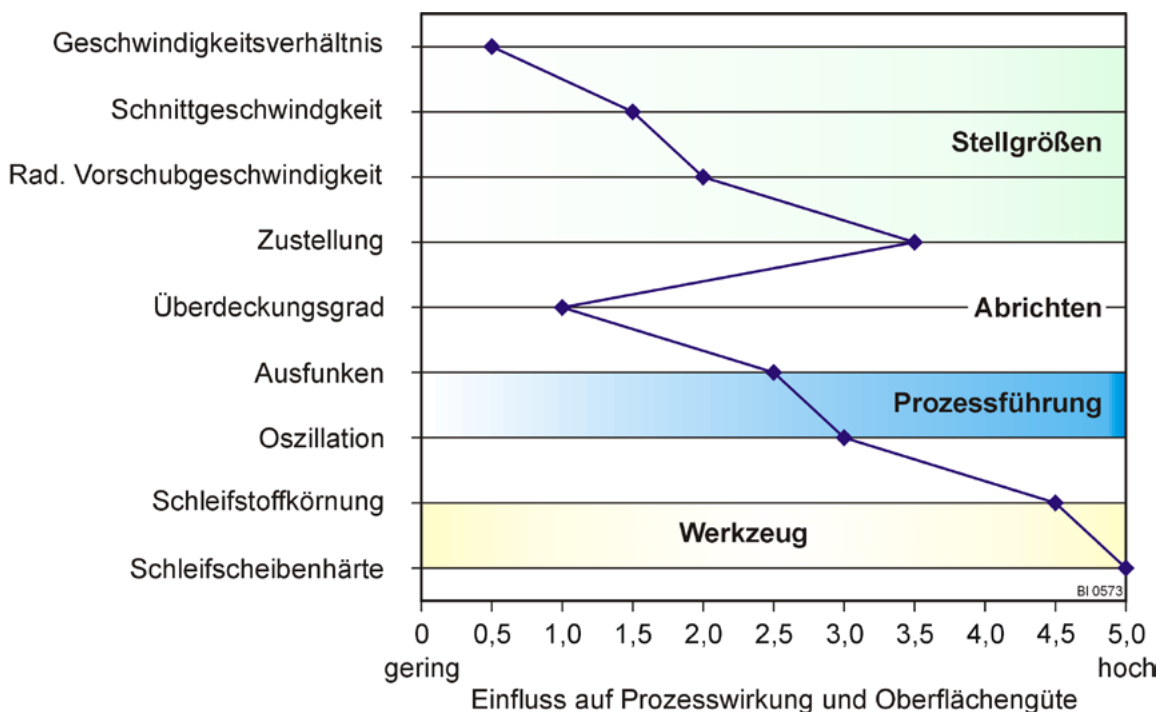


Bild 8: Einfluss der Prozessparameter auf die Oberflächengüte [1]

ANWENDUNGEN FÜR POLYURETHANSYSTEME

Die relative Härte geschäumter Polyurethansysteme lässt sich in einem weiten Bereich von sehr weich (ca. 30 Shore A) bis sehr hart (95 Shore A bzw. bis 60 Shore D) einstellen. Abhängig vom chemischen Aufbau der Bindung und dem Füllgrad mit Schleifkorn sind höchste Elastizitätsgrade erreichbar.

Als wünschenswerter Nebeneffekt zeichnen sich diese Bindungen wegen der großen Porosität des Schaumstoffes durch einen sehr kühlen Schliff aus. Diese elastischen Schleifwerkzeuge können entweder im Trockenschliff oder mit fast allen üblichen Kühlschmiermitteln eingesetzt werden, abhängig von der Schleifaufgabe. Im Folgenden eine typische Auswahl von Prozessen, bei denen polyurethanegebundene Werkzeuge mit Erfolg zur Anwendung kommen:

- **Fein- und Feinstschliffe** auf Flächen und Profilen von Metallen aller Art z. B. Maschinenwellen
- **Entgraten** von Kanten, z. B. an Blechstanzteilen
- **Entzundern und Feinschleifen** von geschmiedeten Metallteilen, z. B. Sägeblattflanken
- **Mattieren, Satinieren und Polieren** von Bunt- und Edelmetallen, z. B. Gold-Schmuck oder Uhrenarmbänder
- **Marmorieren** von Metallflächen jeglicher Art, z. B. Tanks der Lebensmittelindustrie (Bild 9)
- **Aufrauen** von Gummi, Kunststoffen, Metallen und Wildleder
- **Abziehen** von gehärteten und vergüteten Stählen, z. B. Messer

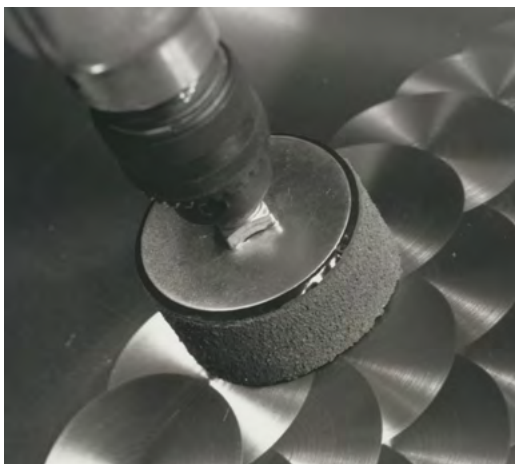


Bild 9:
Marmorieren von Edelstahlblech
(Werkfoto Artifex)

ANWENDUNGEN FÜR GUMMISYSTEME

Vulkanisierte Gummibindungen mit Schleifkorn weisen eine höhere thermische Stabilität auf als die oben beschriebenen Polyurethansysteme. Aufgrund der Härte (bis zu 70 Shore D) weisen sie eine große Formstabilität und eine hohe Lebensdauer auf.

Der Schliff ist mit einer geringeren Wärmeentwicklung als bei keramischen Werkzeugen verbunden, da sich stumpf gewordene Schleifkörner vergleichsweise rascher aus der Kautschukbindung reiben. Gummigebundene Werkzeuge können u. a. bei folgenden Prozessen mit Erfolg eingesetzt werden:

- **Verputzen** von Schweißnähten, z. B. im Behälterbau
- **Entgraten** von Bohrungen, z. B. an Motorblöcken
- **Präzisionsschliffe** an feinmechanischen, optischen und chirurgischen Teilen jeglicher Art

Besonderer Einsatzbereich: Feinstschleifen von Maschinenwellen:

Eine Untersuchung der Stiftung Institut für Werkstofftechnik (IWT) an der Universität Bremen [2] hat die Möglichkeiten elastischer Schleifwerkzeuge bei der Bearbeitung von Maschinenwellen ausgelotet. Im Zuge der Untersuchung kamen elastische Schleifwerkzeuge an Baustahlronden aus S355J2C+C (St 52-3, 1.0569) mit der Absicht zum Einsatz, die Oberflächenstruktur auf den zurzeit niedrig möglichen Rz-Wert zu senken – also: die Oberflächenqualität in neue Dimensionen zu heben. Der Vorschleiff erfolgte zunächst mit einer keramischen Schleifscheibe (Spezifikation A120 H8 V), infolge dessen betrug die Ausgangsrauheit $R_z = 3,5\text{--}4,0\text{ }\mu\text{m}$ ($R_a: 0,55\text{ }\mu\text{m}$). Als Kühlschmierstoff wurde ein Mineralöl verwendet. Für das hier vorgestellte Ergebnis wurde eine handelsübliche Außenrundscheifmaschine eingesetzt.

Im Zuge der Schleifversuche mit elastisch gebundenen Schleifwerkzeugen aus geschäumter Polyurethanbindung ließ sich anschließend eine Oberflächengüte von bis zu $R_z = 0,2\text{ }\mu\text{m}$ erzielen (Bild 10). Als wichtigster Prozessparameter im Finishingprozess gilt neben der Zustellung des Werkzeuges zum Werkstück für gewöhnlich die Ausfunktzeit. Eine weitere signifikante Verbesserung der Oberflächengüte wird durch eine Oszillation der Schleifscheibe quer zur Schleifrichtung erzielt.

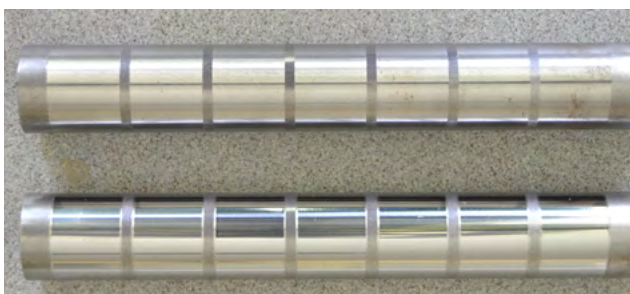


Bild 10: Feinstschleifen von Maschinenwellen – Vergleich Vorschleiff (oben) und Feinstschleiff (unten) (Werkfoto Artifex)

Auch wenn elastisch gebundene Schleifwerkzeuge bereits seit fast 100 Jahren bekannt sind, ist man keineswegs an das Ende des Entwicklungsfortschritts gekommen. Mit hart geschäumten Polyurethanscheiben lassen sich Oberflächenrauigkeiten von $R_z < 1 \mu\text{m}$ ohne gesondertes Honen erreichen.

So ist es denkbar, in derselben Maschine keramische und elastische Schleifscheiben nacheinander zum Einsatz zu bringen. Der Vorteil läge auf der Hand: Ein Umspannen des Werkstückes auf eine zweite Maschine wird unnötig. Die zweite Maschine ist für den Feinstschliff verzichtbar, weil beide Arbeitsgänge von Vor- und Feinstschliff ohne Unterbrechung nacheinander auf derselben Maschine absolviert werden.

Ob aus ästhetischen oder technischen Gründen, mit elastischen Schleifwerkzeugen lassen sich immer wieder neue Oberflächenqualitäten erzielen, die mit anderen Werkzeugen umständlicher und in der Folge kostenintensiver erarbeitet werden müssten.

Dieser Aufsatz ist eine überarbeitete Fassung eines Artikels aus dem Jahrbuch Schleifen, Honen, Läppen und Polieren (65. Ausgabe, S. 76-86), Vulkan Verlag.

Autor: Dr. Jan Koch, ARTIFEX Dr. Lohmann GmbH & Co. KG, 24568 Kaltenkirchen

Literatur

[1] Brinksmeier, E.; Bleil, N.; Koch, J.:

Feinschleifen von Maschinenwellen mit elastischen Schleifwerkzeugen, in der Fachzeitschrift: Schleifen und Polieren 5/2008, S.20-23

[2] ebd. S. 20-23