

Hochgenaues Profilschleifen

Peter Haefeli
HAEFELI Diamantwerkzeugfabrik AG
Zürich Schweiz

Hubert Reiser
Haas Schleifmaschinen GmbH
Trossingen Deutschland

Weiterentwicklungen im Bereich der Werkzeugmaschinen ermöglichen jetzt das Profilschleifen von komplizierten Werkstücken in einer Aufspannung. Parallel dazu werden auch an die eingesetzten cBN- und Diamantwerkzeuge immer höhere Anforderungen in Bezug auf Standzeit und Abtragsleistung gestellt, die nur durch an das Werkstückmaterial angepasste Werkzeugauslegung erfüllt werden können.

Fig. 1)



Schwierige Werkstückgeometrien bearbeitet man vor allem in der Serienfertigung wirtschaftlich mit sogenannten Formwerkzeugen, z.B. Stufenbohrer und -senker für die Innenbearbeitung und Profilfräser oder profilierte Drehmeissel, bzw. Einstechplatten für die Aussenbearbeitung (Fig. 1). An die Hersteller solcher Werkzeuge werden dabei zunehmend höhere Anforderungen gestellt. Immer komplexer werdende Profilwerkzeuge müssen kosteneffektiver, bei gleichzeitig gestiegenen Anforderungen hinsichtlich Mass- und Formgenauigkeit bearbeitet werden. Die Realisierung dieser Vorgaben erfordert höchstgenaue und stabile Profilschleifmaschinen und Profilschleifscheiben höchster Qualität.

Bisher waren zum Schleifen der unterschiedlichen Werkzeuggeometrien auch mehrere spezialisierte Schleifmaschinen - Rund-, Profil-, und CNC-Werkzeugschleifmaschinen - erforderlich. Beispielsweise war das Profilschleifen in höchster Genauigkeitsklasse die Domäne der spezialisierten Profilschleifmaschinenhersteller und konnte nicht auf anderen Schleifmaschinen durchgeführt werden. Das im Laufe der Bearbeitung eines Werkzeuges notwendige mehrfache Umspannen verursacht dementsprechend hohe Rüst- und Nebenzeiten und erschwert das Erreichen hoher Formgenauigkeiten. Durch die enorme Weiterentwicklung der Werkzeugschleifmaschinen in Bezug auf Steifigkeit, Genauigkeit und Ansteuerung stösst dieser Maschinentyp immer häufiger auch in den Bereich der Profilschleifmaschinen vor. (Fig. 2)

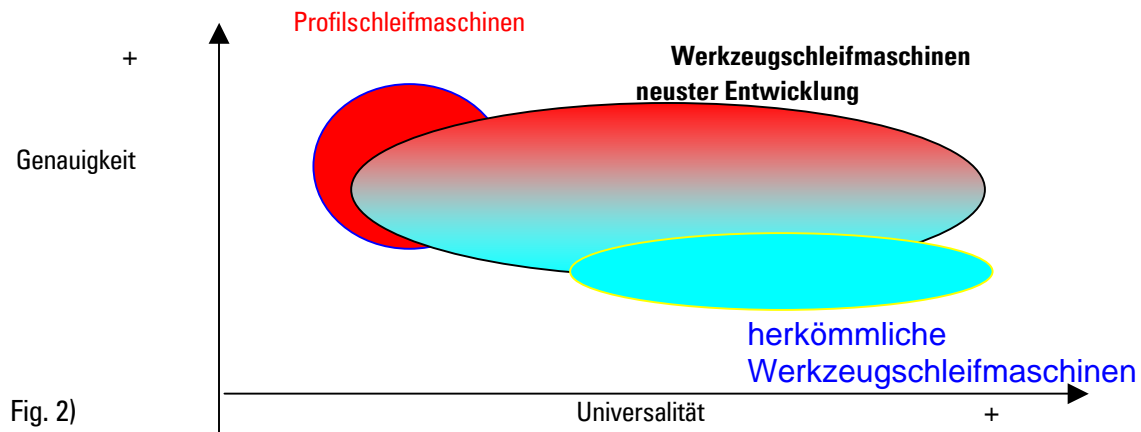


Fig. 2)

Mit der CNC-Werkzeugschleifmaschine Multigrind (Fig. 3) der Haas Schleifmaschinen GmbH, Trossingen (Deutschland), kann jetzt nahezu das gesamte Spektrum an Stufen- und Formwerkzeugen für die Innen- und Aussenbearbeitung in einer Aufspannung bearbeitet werden. Durch 12 kW Antriebsleistung bei stufenlos von 2'000 bis 8'000 min⁻¹ programmierbaren Umdrehungsfrequenzen der Schleifspindel schleift und profiliert die neue Werkzeugmaschine selbst Hartmetallwerkzeuge problemlos aus dem Vollen.



Fig. 3)

Wirtschaftlichkeit

Anschaulich ist, dass zur Bearbeitung hochpräziser Werkzeuge hochqualitative Schleifmaschinen eine Grundvoraussetzung darstellen. Vielfach übersehen wird jedoch, dass die Qualität der eingesetzten Werkzeuge ein entscheidendes Einsatzkriterium darstellt. In der Praxis wird häufig der Fehler gemacht, hochgenaue und in der Anschaffung teure Maschinen zu kaufen, die Investitionskosten aber bei den Werkzeugen teilweise einsparen zu wollen. Fig. 4 verdeutlicht, dass gerade die Werkzeugkosten das verhältnismässige Einsparpotential innerhalb der Gesamtbearbeitungskosten aufweisen.

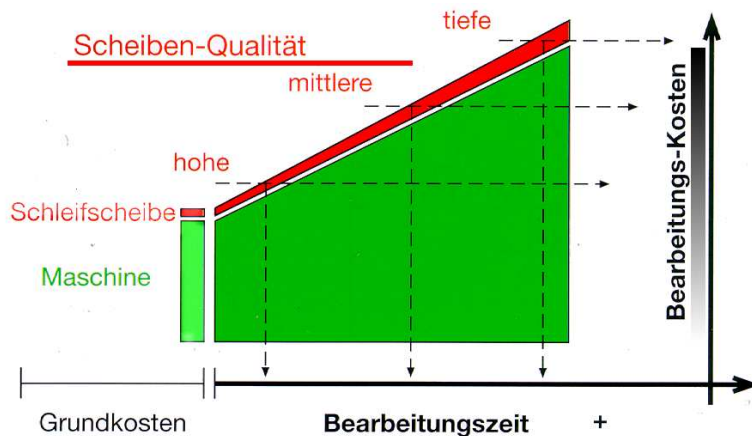


Fig. 4)

Aufgetragen sind die Profilscheibenqualität (links) und die Bearbeitungskosten (rechts) über der Bearbeitungszeit. Die Qualität der Werkzeuge wird dabei durch die Schleifleistung und die Profilhaltigkeit definiert. Das Beispiel zeigt, dass mit einer guten Schleifscheibenqualität aufgrund der grösseren Abtragsleistung deutlich kürzere Bearbeitungszeiten erreicht werden können, was wiederum über den Maschinenstundensatz einen direkten Einfluss auf die Gesamt-Herstellkosten ausübt. Daneben kann durch die erreichte höhere Werkstückgenauigkeit der Anteil der Nebenzeiten durch Nachprofilierung ebenfalls deutlich reduziert werden. Die grössere Formgenauigkeit der hochqualitativen Schleifscheiben trägt ausserdem zu höherer Werkstückgenauigkeit bei.

Grundlegende Betrachtungen

Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, dass sich die verantwortlichen Planer und Maschinenbediener intensiv mit den grundlegenden Zusammenhängen am Schleifwerkzeug auseinandersetzen. So z.B. mit den gewählten Schleifparametern - Was ändert sich, wenn eine andere Diamantkorngrösse eingesetzt wird?; Eine andere Bindungshärte?; Eine höhere Konzentration?; usw.

Der Diamant/cBN-Werkzeughersteller versucht in möglichst optimaler Weise, Schleifstoff und Bindung auf das jeweils zu bearbeitende Werkstückmaterial abzustimmen. Doch nicht jedes Material lässt sich bei gleichen Bindungen und Maschineneinstellungen mit dem gleichen Erfolg bearbeiten. Wird eine zu harte Bindung gewählt, so setzt sich der Diamantbelag schnell zu, ist die Bindung zu weich, so werden die einzelnen Körner vorzeitig aus dem Bindungsverbund herausgelöst - Kompromisse werden verlangt. Generell gilt für den Schleifprozess, dass das Diamant-/cBN-Korn und nicht die Bindung die mechanische Arbeit verrichten soll. Der Kornüberstand sollte $1/3$ der Korngrösse betragen (Fig. 5), was speziell bei Werkstückstoffen, die zum «Schmieren» neigen, berücksichtigt werden sollte. In diesem Fall sind genügend Freiräume für das abgetragene Material und Kühlmittel vorhanden und das Werkzeug kann kühl und schnell schleifen. Eine in gewissen Abständen durchgeführte Kontrolle der Scheibentopographie entscheidet, ob das Werkzeug nachgeschärft werden muss. Um die genauen Profilanforderungen zu erreichen, ist es notwendig, auf der Maschine selbst oder auf einer speziellen Abrichtschleifmaschine, die Scheiben auf dem Flansch abzurichten.

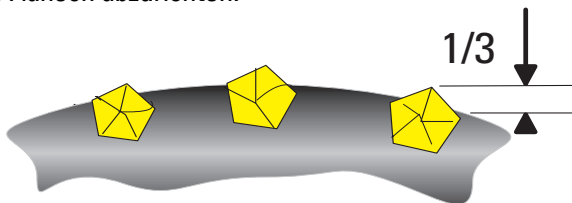
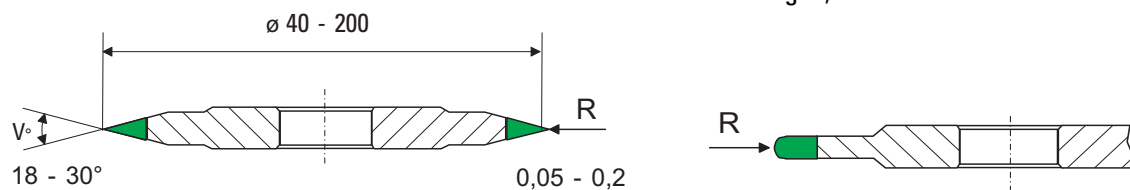


Fig. 5)

Diamant-Profilschleifscheiben

Das Profilschleifen wird in dieser hohen Genauigkeitsklasse nicht zu unrecht als die Königsdisziplin des Schleifens bezeichnet. Die Wirtschaftlichkeit der Bearbeitung ist dabei überproportional von dem Einsatz einer geeigneten Schleifscheibe abhängig. Zur Anwendung kommen in der Regel Typen der Spezifikation 14E1 oder 14F1 (Fig. 6) mit Durchmessern im Bereich von 40 bis 200 mm. Eingesetzt werden Scheiben mit einem Spitzenwinkel von 18 bis 30° und Spitzenradien von $0,05$ bis 2 mm. Aufgrund dieser geometrischen Anforderungen wird deutlich, dass die Standfestigkeit der Werkzeugkante das entscheidende Kriterium darstellt. Aus diesem Grund enthalten die Profilschleifscheiben ausschliesslich hochqualitative Schleifkörnungen in Korngrössen von $16 \mu\text{m}$ bis D 151 in Metall- bzw. hochgezuchteten Kunstharzbindungen.

Fig. 6)



Dem Einfluss des Werkzeugs auf das Bearbeitungsergebnis entsprechend, rüstet die Haas Schleifmaschinen GmbH ihre Werkzeugmaschinen ab Werk grundsätzlich mit den Diamant- und CBN Werkzeugen der **HAEFELI Diamantwerkzeugfabrik AG**, Zürich, aus. Durch die optimale Abstimmung aller Parameter auf die jeweilige Bearbeitungsaufgabe und dem Einsatz synthetischer Diamantkörnung lassen sich im Vergleich zu konventionellen Lösungen in der Regel 4 bis 5-fache Standzeiten bei hoher Masshaltigkeit erreichen. Auch Einsatzergebnisse sind bekannt: Bei einem bekannten Schweizer Uhren-

hersteller erreichte eine gesinterte metallgebundene Profilschleifscheibe mit Durchmesser 150 mm und einem Spitzenwinkel von 28° in 25 µm Korngrösse eine Standzeit von fast 24'000 Maschinenstunden - über 10 Mann/Jahre.

Anwendungsbeispiele

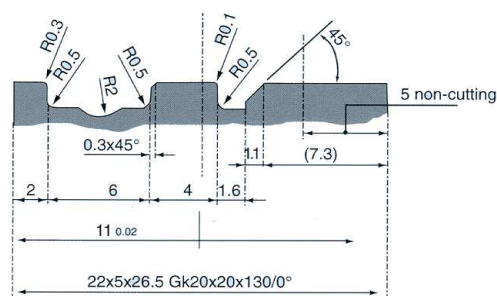
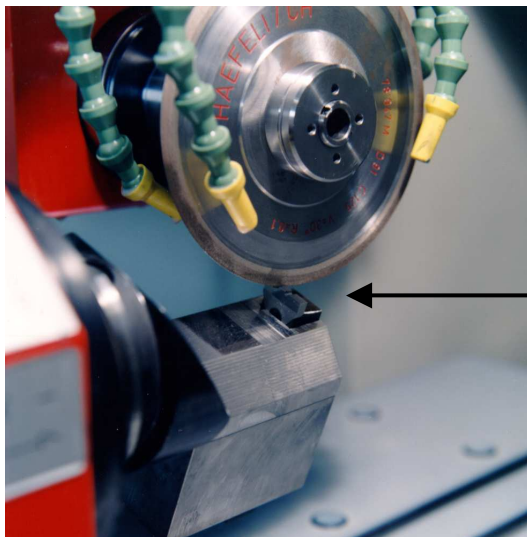
Das flexible Anwendungspotential der CNC-Werkzeugschleifmaschine vom Typ Multigrind lässt sich in mehreren Beispielen darstellen (Fig. 7). So ist es möglich, an einer vorgefrästen und gehärteten Schneckenwelle mit Durchmesser 60 mm mit einer profilierten Schleifscheibe die komplette Zahn-geometrie innerhalb von 3 Minuten fertigzuschleifen. Vor dem Schleifen tastet ein im Arbeitsraum installierter Messtaster die vorgefräste Zahngeometrie ab, um die Schneckenwelle auszurichten. Die Stärke der Werkzeugschleifmaschine zeigt sich hier in der vollautomatischen Bearbeitung von Kleinserien. Die Bearbeitung von Nuten mit 25 bis 30 mm Tiefe «ins Volle», trägt zu kurzen Bearbeitungszeiten massgeblich bei.



Fig. 7)

Eine weitere Stärke der Multigrind ist die Herstellung von beliebigen Freiformflächen mit einer Diamant-Schleifscheibe. So soll beispielsweise eine profilierte Wendeschneidplatte hergestellt werden, mit der das in Fig. 8 dargestellte Aussenprofil abgebildet werden kann. Die eingesetzte Profilschleifscheibe mit 150 mm Durchmesser, einem Spitzenwinkel von 30° und einem Spitzenradius von 0,05 mm enthält Diamantkörnung der Korngrösse D30 in Konzentration 150 in Bronzebindung. Die Bearbeitung erfolgt bei 25 m/s bei einer Teilzustellung von 1 mm.

Fig. 8)



In einem weiteren Anwendungsfall soll ein spiralisierter Stufenbohrer aus Hartmetall mit 32 mm Durchmesser in einer Aufspannung fertiggestellt werden (Fig. 9). Die zur Anwendung kommende Profilscheibe mit den Abmessungen 100x10x3 mm des Typs 11V9 enthält nickelummanteltes Diamantkorn der Korngrösse D64 in Konzentration 100. Als Bindung wurde eine kombinierte Kunststoff/Keramikbindung gewählt, deren Härte in Abhängigkeit vom Werkstückmaterial gewählt wurde. Die Bearbeitung erfolgt bei einer Geschwindigkeit von 25 m/s, die Teilzustellung beträgt 1 mm. Das hochgenaue Werkzeug wird in einer Aufspannung in rund 40 Minuten fertiggestellt. Abgerichtet wird in einem Zyklus von 5:1. Aufgrund der hohen Kantenstabilität des Werkzeuges kann auch hier eine überdurchschnittliche Standzeit bei konstant hoher Masshaltigkeit über die gesamte Lebensdauer gewährleistet werden.

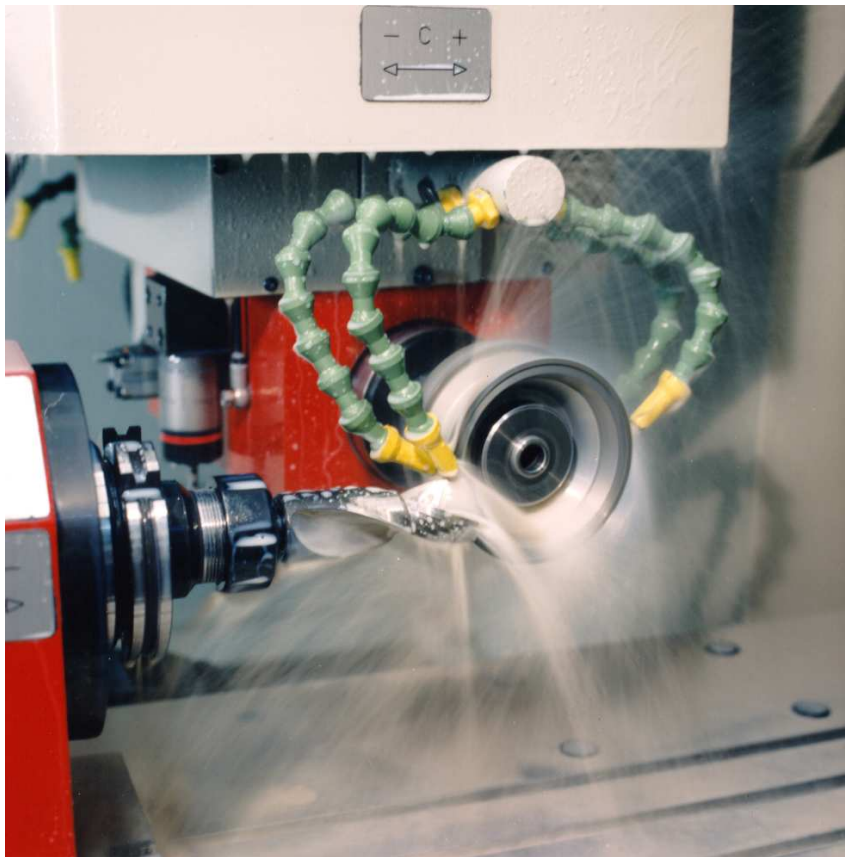


Fig.9)