

Modellbasierte Gestaltung von Schleifdornen für das spitzenlose Innenrund - Einstechschleifen

Prof. Klaus Künanz, Dipl.-Ing. Holger Pätzold¹

Das spitzenlose Innenrund-Einstechschleifen ist ein hochproduktives Verfahren, welches für die Bearbeitung von Bohrungen mit Toleranzen nach IT 5 geeignet ist. Zur Steigerung der Qualität und Produktivität wurde bisher das bislang schwächste Glied im System Maschine-Werkzeug-Werkstück, der Schleifdorn, betrachtet und deutlich verbessert. Der typische vollautomatische Bohrungsschleifprozess ist in Bild 1 schematisch dargestellt.

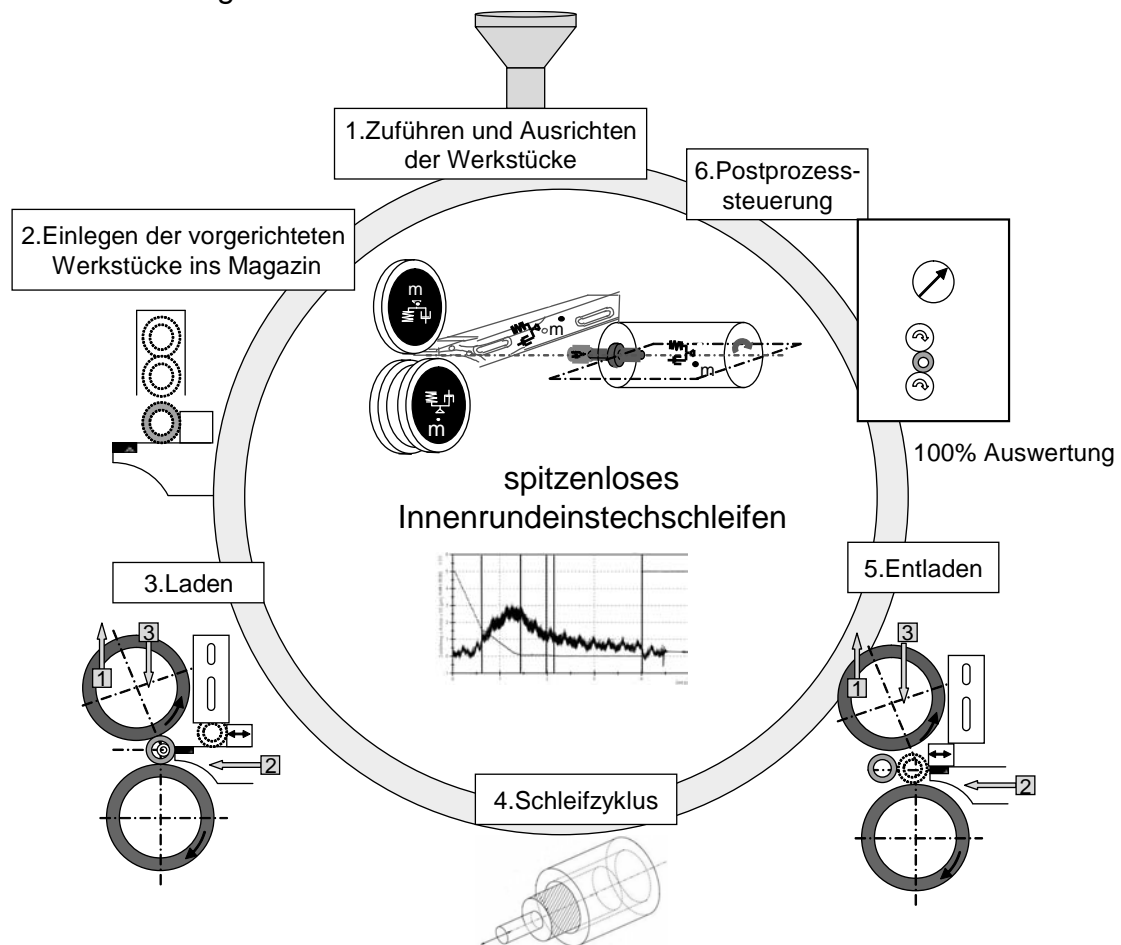


Bild 1: Prozessablauf des automatischen Bohrungsschleifens

Es wurden vier unterschiedliche Schleifdorne in monolithischer und geteilter Ausführung praktisch untersucht. Der erste monolithische Schleifdorn wurde aus dem Werkstoff Laned XD gefertigt und spiegelt den Stand der Technik wider. Der zweite monolithische Schleifdorn wurde aus Hartmetall gefertigt. Die geteilten Schleifdorne (Bild 2) bestehen aus einer Schleifscheibenaufnahme und einem Spindeleinsatz.

¹ Promovend Schaeffler KG

Beim ersten geteilten Schleifdorn wurden beide Komponenten aus Laned XD gefertigt. Der zweite unterscheidet sich vom ersten dahingehend, dass die Schleifscheibenaufnahme aus Hartmetall besteht.



Bild 2: Geteilter Schleifdorn (räumliche Darstellung)

Bei den oben genannten Schleifdornen wurde die statische Abbiegung sowie das Schwingungs- und Dämpfungsverhalten experimentell untersucht. Aus diesen Untersuchungen geht der geteilte Schleifdorn aus Hartmetall/Laned XD mit den besten Eigenschaften hinsichtlich Steifigkeit und Dämpfung hervor.

Im Rahmen der experimentellen Untersuchungen wurden großserientechnische Werkstücke aus dem einsatzgehärtetem Material 16MnCr5 bearbeitet. Bauteile dieser Art kommen im automotiven Bereich zur Anwendung.

Für die Analyse der Schnittnormalkraft ist in einer Serienschleifmaschine vom Typ Novomatic 2G R10/65 F CNC-95 eine Kraftmesseinrichtung installiert worden.

Das Ergebnis der Untersuchungen zeigt einen Einfluss der unterschiedlichen Schleifdorne auf die maximale Schnittnormalkraft beim spitzenlosen Innenrund-Einsteichschleifen. Dabei wurde festgestellt, dass die Parallelitätsabweichung der bearbeiteten Bohrung bei den Schleifdornen am geringsten ist, bei denen die höchsten Beträge der maximalen Schnittnormalkraft nachgewiesen wurden. Die Analysen der Rundheitsabweichung zeigen deutlich den Vorteil geteilter Schleifdorne beim spitzenlosen Innenrund-Einsteichschleifen. Aus diesen Versuchen geht hervor, dass mit dem geteilten Schleifdorn aus Hartmetall/Laned XD die geringsten Werte hinsichtlich Parallelitäts- und Rundheitsabweichung auftraten.

Der aus diesen Ergebnissen favorisierte geteilte Schleifdorn aus Hartmetall/Laned XD wurde mit dem monolithischen Schleifdorn aus Laned XD hinsichtlich der Prozessfähigkeit beim spitzenlosen Innenrund-Einsteichschleifprozess verglichen. Hieraus wurde deutlich, dass der geteilte Schleifdorn aus Hartmetall/Laned XD einen größeren Prozessfähigkeitsindex hinsichtlich Parallelitäts- und Rundheitsabweichung beim spitzenlosen Innenrund-Einsteichschleifprozess liefert. Anschließend wurde durch Steigerung der radialen Vorschubgeschwindigkeiten für das Schruppen v_{fr1} und v_{fr2} die Taktzeit beim spitzenlosen Innenrund-Einsteichschleifprozess für das Versuchswerkstück um 17% reduziert. Aus der Auswertung der Prozessfähigkeitsindizes (Bild 3) geht die Steigerung der Produktivität mit einer größeren Prozessfähigkeit konform, was auf die Eigenschaften des Pressverbandes des geteilten Schleifdornes aus Hartmetall/Laned XD zurückzuführen ist.

Der Einsatz des favorisierten Schleifdornes aus den Werkstoffen Hartmetall und Laned XD in der Serienfertigung zeigte bei Bohrungen mit unterschiedlichem Aspektverhältnis von Länge zu Durchmesser ein unterschiedlich hohes

Einsparungspotential der Fertigungskosten. Das Potential des Schleifdornes liegt in hoher Steifigkeit gepaart mit einer hohen Dämpfung. Der geteilte Schleifdorn (Hartmetall/Laned XD) kommt der best möglichen Lösung für die Auslegung und Gestaltung von Schleifdornen nahe (Bild 4). Da dieser Schleifdorn gute Dämpfungseigenschaften mit einer hohen Steifigkeit vereint, wird dieser Schleifdorn als **Dual Designed Schleifdorn** (DD-Schleifdorn) bezeichnet.

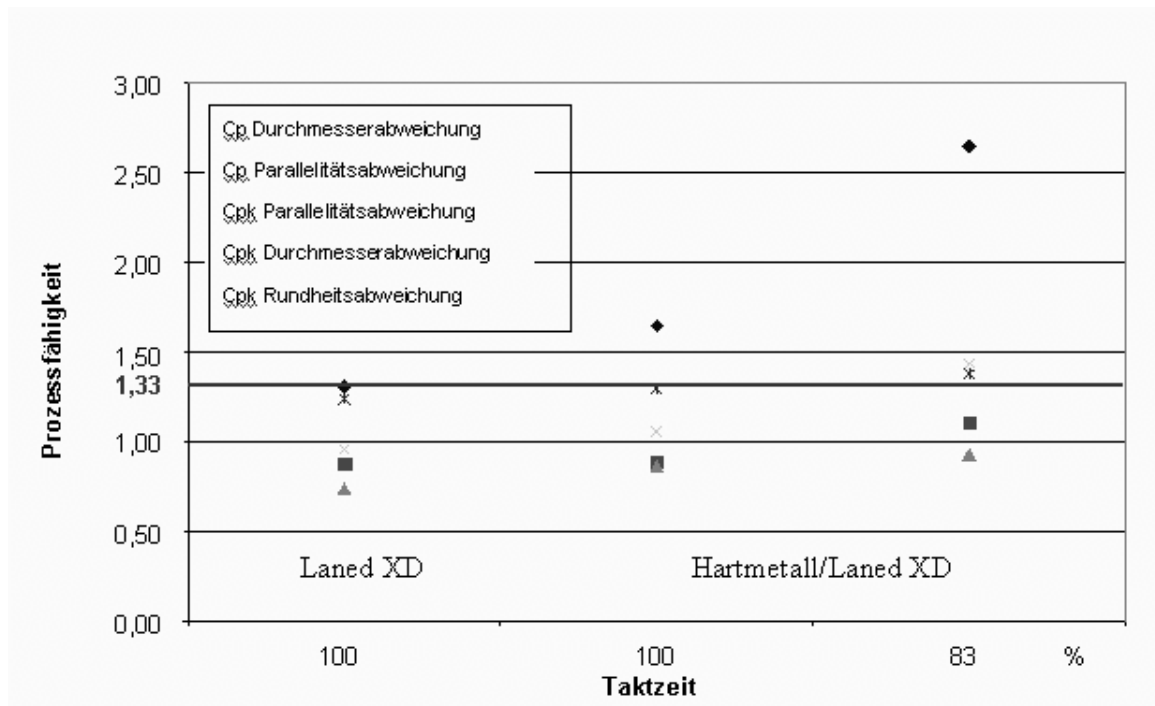


Bild 3: Prozessfähigkeitsanalyse

Um das Potential des DD-Schleifdornes weiter zu erschließen, wurden die dynamischen Eigenschaften des DD-Schleifdornes und der oben beschriebenen monolithischen Schleifdorne anhand einer mathematischen Abbildung des spitzenlosen Innenrund-Einsteichschleifprozesses untersucht. Dabei wurde die Möglichkeit der Analyse des dynamischen Verhaltens von Schleifdornen beim spitzenlosen Innenrund-Einsteichschleifen durch die Verwendung eines Mehrkörpersimulationsprogrammes erarbeitet und genutzt.

Die Simulation des Fertigungsprozesses zeigt das Verhalten unterschiedlicher Schleifdorne während des spitzenlosen Innenrund-Einsteichschleifprozesses. Im Ergebnis wird die dämpfende Eigenschaft des Pressverbandes des DD-Schleifdornes präsentiert. Anhand der Simulationsergebnisse wurde bewiesen, dass der DD-Schleifdorn die geringsten Schwingungsamplituden im Vergleich zu den monolithischen Schleifdornen aufweist, was die Ursache für die bessere Rundheitsqualität beim spitzenlosen Innenrund-Einsteichschleifprozess darstellt. Des Weiteren wurde nachgewiesen, dass eine radiale parallele Bewegung zwischen der Schleifscheibenaufnahme und dem Spindeleinsatz im Pressverband zu einer besseren Parallelität der Bohrung beim spitzenlosen Innenrund-Einsteichschleifen führt.

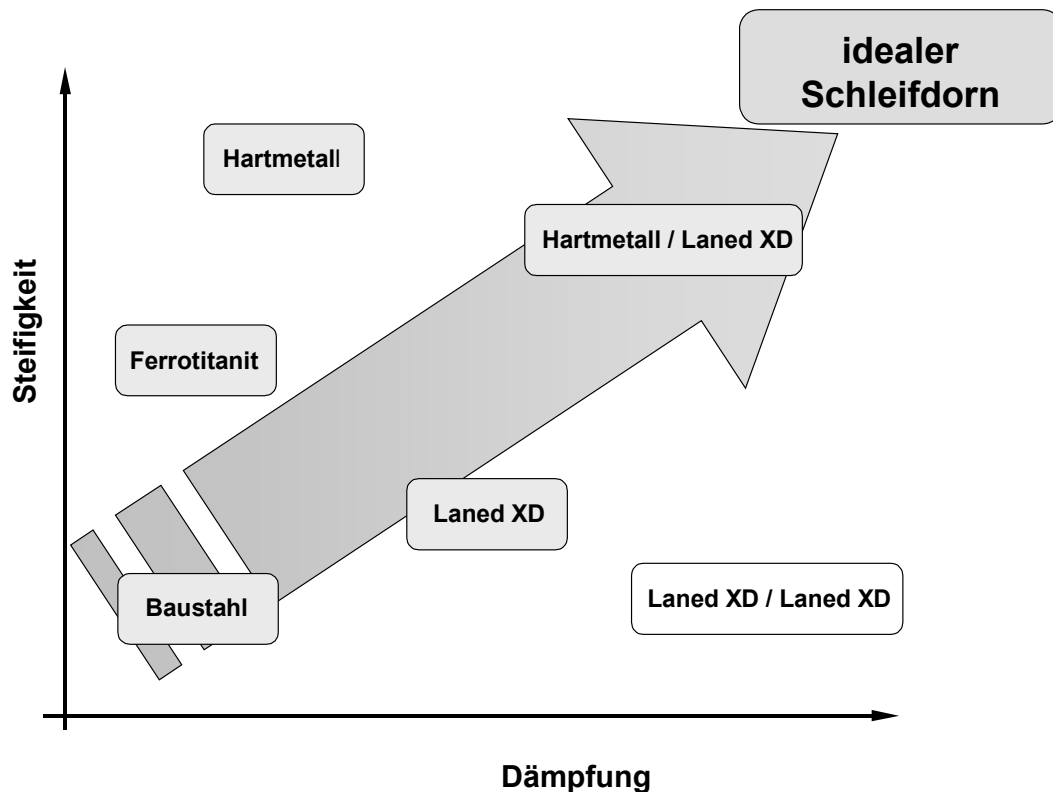


Bild 4: Einfluss verschiedener Werkstoffe und Ausführungen auf die Eigenschaften der Schleifdorne

Als Ansatz für eine modellbasierte Gestaltung des spitzenlosen Innenrund-Einstechschleifprozesses wurde die Spindelwelle, deren Einfluss auf den Schleifprozess anhand einer experimentellen Untersuchung nachgewiesen wurde, mit dem Werkstoff Laned XD, der gute Dämpfungseigenschaften besitzt, ausgelegt und simuliert. Aus dem Ergebnis der Simulation geht hervor, dass sowohl die Abbiegung als auch die Schwingungen des DD-Schleifdornes in Kombination mit einer Spindelwelle aus dem Werkstoff Laned XD weiter reduziert werden können, was ein weiteres Potential hinsichtlich Qualität und Produktivität des spitzenlosen Innenrund-Einstechschleifprozesses aufzeigt. In einem Versuch konnte das Ergebnis aus der Simulation für die Abbiegung bestätigt werden. Der Einfluss der Spindelwelle aus Laned XD auf die Rundheitsabweichung und damit auf reduzierte Schwingungen des DD-Schleifdornes in Kombination mit einer Spindelwelle aus dem Werkstoff Laned XD wurde nicht eindeutig nachgewiesen. In den festgestellten Rundheitsabweichungen von etwa $0,5 \mu\text{m}$ bilden sich der Anteil der Rundheitsabweichung vom Außendurchmesser der Werkstücke und der der oberen und unteren Rolle zu einem großen Prozentsatz ab. Dies stellt eine Verfahrensgrenze des spitzenlosen Innenrund-Einstechschleifens hinsichtlich der zu fertigenden Abweichung von der Rundheit darstellt. Ein Nachweis geringerer Schwingungsamplituden über die Rundheitsabweichung der geschliffenen Bohrung ist daraus resultierend nicht möglich.