

Quelle: © IFW

Hartfeinbearbeitung – Clever Positionieren und dann kommt der letzte Schliff

Trotz der zunehmenden Verbreitung stufenloser Schaltgetriebe im Automobilbau ist das Zahnrad weiterhin ein wichtiges Bauteil für die Leistungsübertragung. Daher werden an der Universität Hannover innovative Prozesse zur Zahnradfertigung entwickelt und erforscht.

Der letzte und qualitätsbestimmende Schritt in der Prozesskette zur Herstellung präzisionsgeschmiedeter Zahnräder ist die Hartfeinbearbeitung. Die geringen Bearbeitungsaufmaße aus dem Präzisions schmiedeprozess stellen einen technologischen Fortschritt dar und erlauben eine deutliche Reduzierung der Bearbeitungszeit. Diese Bearbeitungsaufmaße weisen heute noch Schwankungen auf,

welche in der Hartfeinbearbeitung zu nicht konstanten Zeitspannvolumina und somit zu unterschiedlichen Bearbeitungskräften führen. Darüber hinaus treten wechselnde Werkzeug- und Werkstückverlagerungen sowie unterschiedliche Randzoneneigenschaften aufgrund variierender thermischer und mechanischer Belastungen auf. Diese Auswirkungen auf den Schleifprozess, die aus den Schwan-

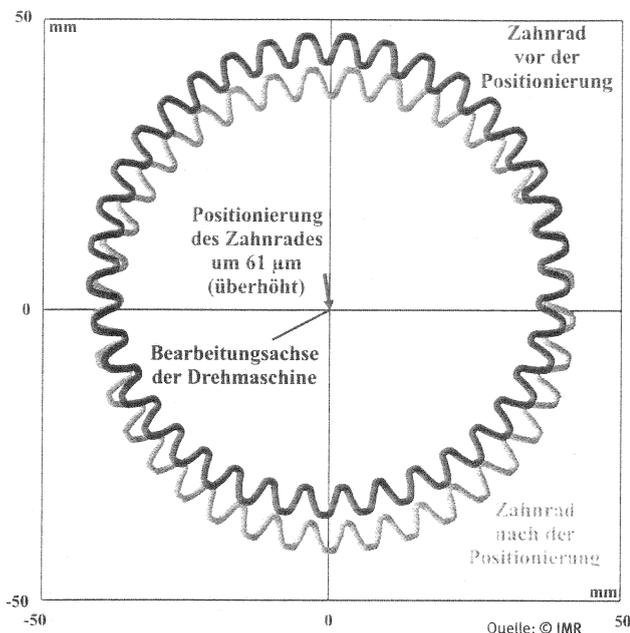
kungen des Bearbeitungsaufmaßes entstehen, können durch eine Feinpositionierung der Zahnräder reduziert werden.

Perfekt positionieren

Bei präzisionsgeschmiedeten Zahnrädern befindet sich aufgrund der Werkzeugverlagerungen die geschmiedete Mittenbohrung nicht genau

zentrisch zur Verzahnung, sondern weicht um einige Mikrometer von der idealen Lage ab. Da die Mittenbohrung zur Aufspannung der Zahnräder beim anschließenden Schleifen dient, kann diese geringe Lageabweichung von bis

Für die Positionierung müssen geeignete Spann- und Positioniersysteme bereit gestellt werden. Dazu wurde am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) eigens ein Präzisionsspannfutter entwickelt und aufgebaut. In dieses



Das perfekte Positionieren des Zahnrades stellt die Übereinstimmung von Mittenbohrung und Bearbeitungsachse der Drehmaschine sicher.

zu 80 µm schon ausreichend sein, dass die Verzahnung nicht mehr vollständig geschliffen wird.

Um diese Lageabweichung aufzuspüren, wird seitens des Instituts für Mess- und Regelungstechnik (IMR) eine optische Messtechnik eingesetzt. Damit wird in kürzester Zeit die Verzahnung in einem Schnitt gemessen. Ausgehend von diesen Messdaten wird mit am IMR entwickelten Algorithmen die Lage der Verzahnung zur Bearbeitungsachse der Drehmaschine bestimmt. Als Ergebnis wird die Verschiebung des Zahnrades berechnet, um die Verzahnung konzentrisch zur Bearbeitungsachse positionieren zu können.

An der richtigen Stelle drehen



Das präzise Hartdrehen der Mittenbohrung des Zahnrades ermöglicht die anschließende Schleifbearbeitung der Verzahnung.

Präzisionsspannfutter sind modernste technische Antriebssysteme integriert, die ein optimales Übertragungsverhalten besitzen und damit eine hochgenaue Führung erlauben. Weiterhin wird eine hochkompakte Aktorik eingesetzt. Dadurch ist ein platzsparender Aufbau möglich, mit Hilfe dessen die exakte Positionierung des Zahnrades in der Drehmaschine durchgeführt wird.

Sobald das Zahnrad konzentrisch zur Bearbeitungsachse der Drehmaschine positioniert ist, wird die Mittenbohrung in einem Hartdrehprozess bearbeitet. Damit befindet sie sich nun genau in der Mitte des Zahnrades und kann für die nachfolgende Hartfeinbearbeitung als Referenz genutzt werden.

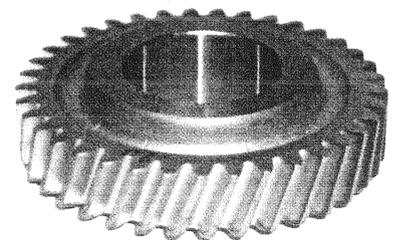
Der letzte Schliff

Die Hartfeinbearbeitung als abschließender und damit qualitätsbestimmender Schritt soll die Herstellung hochwertiger, einbaufähiger präzisionsgeschmiedeter Zahnräder ermöglichen. Dabei ist eine Reduzierung der Bearbeitungszeit der entscheidende Faktor, um einen wettbewerbsfähigen Prozess zur Verzahnungsherstellung anbieten zu können.

Das Verfahren des kontinuierlichen Wälzschleifens von Verzahnungen weist eine hohe Mengenleistung auf und eignet sich damit für den Einsatz in der Massenproduktion. Die Leistung des Verfahrens kann durch den Einsatz des verschleißfesten kubisch-kristallinen Bornitrids (im Folgenden: CBN, aus dem Englischen cubic boron nitride) als Schleifstoff weiter erhöht werden. Damit können die bei präzisionsgeschmiedeten Zahnrädern auftretenden Aufmaßschwankungen optimal

ausgeglichen und die Profilhaltigkeit des Werkzeugs gewährleistet werden.

Bisher wurde CBN nur in einlagigen, galvanisch gebundenen Schleifscheiben eingesetzt. In Verbindung mit einem keramischen Bindungsmaterial ergibt sich der größte Vorteil des Nachprofilierens in der Maschine. Der Einsatz dieses Bindungssystems in Kombination mit dem CBN-Schleifstoff konnte bisher beim Wälzschleifen aufgrund nicht geeigneter Abrichttechnologie nicht realisiert werden. Dieser Problematik wurde sich am IFW angenommen. Daraufhin wurde die Abrichttechnologie für keramisch gebundene CBN-Wälzschnecken entwickelt und untersucht. Hierdurch ist es möglich, die Schleifscheibentopographie durch die Wahl geeigneter Abrichtparameter der



Erst das perfekte Zusammenspiel aller Prozesse ermöglicht es, hochwertige präzisionsgeschmiedete Zahnräder herzustellen.

Bearbeitungsaufgabe anzupassen und somit abrichtbare CBN-Wälzschnecken zur Herstellung von Verzahnungen einzusetzen. Unter diesen Umständen kann die Schleifleistung erhöht und somit die Bearbeitungszeit pro Bauteil entsprechend reduziert werden, ohne die Bauteilqualität dadurch negativ zu beeinträchtigen.

Hand in Hand zum Ziel

Der Sonderforschungsbereich „Präzisionsschmieden“ beschäftigt sich nicht nur mit einzelnen Prozessen, sondern vielmehr mit der ganzheitlichen Betrachtung der Prozesskette. Daher werden auch die hier beschriebenen Prozesse Messen, Positionieren, Drehen der Mittenbohrung und Schleifen der Verzahnung im Rahmen dieser Prozesskette behandelt. Nur durch das Zusammenwirken der einzelnen Fertigungsschritte wird es möglich, qualitativ hochwertige Zahnräder zu fertigen, die auch höchsten Belastungen Stand halten. Fausto Catoni, Jochen Immel, IFW Rainer Haase, IMR