

Hochpräzise keramische Zahnräder

FCT Hartbearbeitungs GmbH, D-96515 Sonneberg

Zahnräder aus verschiedenen keramischen Werkstoffen können schon seit längerer Zeit gefertigt werden, diese erfüllten aber meist nicht die strengen Genauigkeits- und Toleranzvorgaben des Maschinenbaus oder waren als Einzelstücke sehr aufwändig präpariert. Die FCT Hartbearbeitungs GmbH ist jetzt dagegen in der Lage, hochpräzise keramische Zahnräder kostenadäquat auch in Serie zu fertigen, was eine Vielzahl von neuen konstruktiven Lösungen und Innovationen ermöglicht.

Zahnräder sind weit verbreitete Maschinenelemente, die zur Übertragung von Drehmomenten, der Übersetzung von Kräften und Geschwindigkeiten aber auch zur Produktförderung in z.B. Zahnrad-Pumpen eingesetzt werden. Sie sind gekennzeichnet als ein Rad mit über den Umfang gleichmäßig verteilten Zähnen, die formschlüssig ohne Schlupf ineinander greifen. Aus dieser Definition ergeben sich schon zwangsläufig die hohen Forderungen bezüglich der Dimensions-, Form- und Lage-Toleranzen. Die Kontur der Zahnflanken ist dabei grundsätzlich beliebig, die für eine Flanke gewählte Form bestimmt aber die Form der Gegenflanke am Gegenrad. Am verbreitetsten sind dabei Flankenformen, die einfach herstellbar (und damit auch geometrisch einfach beschreibbar) sind wie die Evolventenverzahnung. Hierfür wichtige Kennwerte zeigt die folgende Skizze:

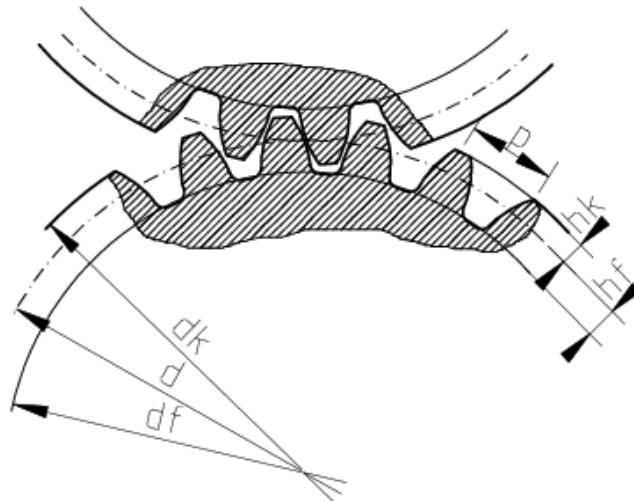


Abb.1: Zahnradpaar im Eingriff, Zahnrad mit 24 Zähnen, Modul = 2, d = Teilkreisdurchmesser, d_k = Kopfkreisdurchmesser (Quelle: Wikipedia)

Aus der Kombination dieser und noch weiterer Kennwerte definiert man nach DIN 3963 12 Verzahnungsqualitäten, die in Metall unterschiedlich gefertigt werden, wobei 1 die feinste und 12 die gröbste Verzahnungsqualität ist:

- Qualität 1-6 gehont
- Qualität 2-7 geschliffen
- Qualität 5-7 geschabt, (kaltgewalzt)
- Qualität 5-9 wälzgefräst, wälzgehobelt, wälzgestoßen
- Qualität 7-12 formgefräst, formgestoßen
- Qualität 8-12 gestanzt, gepresst, gesintert, gespritzt

Für hochfeste, dichte Keramik kommt dagegen nur das Schleifen als Endbearbeitungsverfahren in Betracht, wobei man bislang mit technisch relevanten und kostenadäquaten Verfahren allenfalls Teile der Qualität 10 – 12 herstellen konnte.

Um dieses Defizit zu beheben, initiierte die FCT Hartbearbeitungs GmbH ein Projekt mit dem Ziel, dem Markt auch hochpräzise Zahnräder aus den keramischen Hochleistungs-Werkstoffen Siliziumcarbid (SiC), Siliziumnitrid (Si₃N₄) sowie dem teilstabilisierten Zirkonoxid (ZrO₂ bzw. Y-TZP) zur Verfügung zu stellen. Im Rahmen dieses Projektes und in Kooperation mit einem kompetenten Hersteller von Verzahnungsschleifmaschinen wurden einerseits Bearbeitungsverfahren vor dem Sintern entwickelt (sog. Grünbearbeitung), die bereits die angestrebte Verzahnungsform, allerdings mit der notwendigen Aufmass- Vorgabe gemäß der beim Sintern eintretenden Schwindung ausbilden. Durch den Einsatz moderner 5-achsiger Bearbeitungstechnologie gelang dies so exakt, dass nach dem Sintern nur noch ein allseitiges Übermaß von 2-3/10 mm vorliegt.

Durch Adaption der konventionellen Verzahnungsschleif-Technologie und der Entwicklung geeigneter Schleifmittel wurde des weiteren erreicht, diese sog. Sinterlinge in einem Bearbeitungsgang hochpräzise zu schleifen, wobei sowohl gerade als auch schrägverzahnte Musterteile angefertigt wurden. Bereits mit den ersten Mustern wurden Qualitäten im Bereich 5-7 erreicht, was den meisten Anforderungen im Maschinen- und Apparatebau genügt. Dies ist mit all den genannten Hochleistungs-Keramiken erzielbar, wobei das bisher bearbeitete Abmessungsspektrum Kopfkreis-Durchmesser von ca. 10 bis 220 mm umfasste, was wiederum verschiedenste potenzielle Anwendungen ermöglicht. Die eingesetzten Bearbeitungsmaschinen und –technologien sind durchwegs geeignet zur Fertigung von kleinen bis mittleren Serien, wodurch die Produkte kostenmäßig adäquat hergestellt werden können.

Derartige keramische Maschinenelemente sind für all jene Anwendungen interessant, in denen konventionelle Werkstoffe an Belastungsgrenzen bezüglich Abrasion, Korrosion oder auch thermischer Beanspruchung stoßen. Des weiteren zeigen diese keramischen Komponenten von Hause aus nicht die typischen metallischen Verschleißmerkmale wie Kalt- oder Warmfresser, Rosten, Verzundern, Ausglühen, Heißlaufen oder Deformationen. Ferner sind sie spezifisch leichter, was für Leichtbau-Konstruktionen von Interesse ist, wirken isolierend gegen Stromfluss und ermöglichen, insbesondere Komponenten aus SiC aufgrund ihres sehr günstigen tribologischen Verhaltens, eine Mangel-, Misch- oder sogar Mediensmierung.

Aufgrund dieser sehr günstigen Kombination von Eigenschaften und spezifischen Vorteilen gegenüber metallischen Komponenten ermöglichen diese hochpräzisen keramischen Zahnräder diverse verbesserte oder neue konstruktive Lösungen und

Innovationen. Die FCT Hartbearbeitungs GmbH steht parat, diese zusammen mit interessierten Firmen und Konstruktionsbüros zu realisieren.



Beispiele hochpräzise geschliffener Zahnräder aus unterschiedlichen keramischen Werkstoffen

FCT Hartbearbeitungs GmbH

D-96515 Sonneberg

Verfasser: Dr. G. Wötting

Sept. 2010