

Optimierte Schleifprozesse für Doppelschrägverzahnungen

Artikel vom **21. Juli 2026**

CNC-gesteuerte Schleifmaschinen

Die Nachfrage nach Doppelschrägverzahnungen in Planetengetrieben für Triebwerke in der zivilen Luft- und Raumfahrt steigt stetig. Innovative [Schleifprozesse und Technologien von Kapp Niles](#) sorgen dabei für mehr Präzision, weniger Gewicht und höhere Wirtschaftlichkeit.



Maschinen aus der Baureihe »VX« von Kapp Niles eignen sich besonders zum Schleifen von Doppelschrägverzahnungen (Bild: Kapp Niles).

Doppelschrägverzahnungen bestehen aus zwei symmetrisch angeordneten Verzahnungen mit entgegengesetztem Schrägungswinkel, durch die sich die Axialkräfte im Getriebe aufheben. Immer häufiger werden sie in der Zivilluftfahrt, genauer gesagt in Planetengetrieben für Triebwerke, eingesetzt. Besonders herausfordernd bei der Hartfeinbearbeitung dieser Verzahnungen sind die steigenden Anforderungen: Die Bauteile sollen kontinuierlich leichter und kleiner werden, um Kraftstoff einzusparen. Der

Maschinenbauer Kapp Niles hat bereits bewiesen, dass Kunden durch die aufeinander abgestimmte Kombination von Maschine, Schleifspindel und Werkzeug auch ambitionierte Konstruktionsziele erreichen können. So würde etwa die Reduzierung der Lücke zwischen den Zahnrädern von 30 auf 20 mm zu einer Gewichtsersparnis von rund 7,7 Prozent führen (bei einem ursprünglichen Werkstückgewicht von 13 Kilogramm).



Zur Erreichung höchstmöglicher Abtragsraten und Oberflächengüten werden in einem zweistufigen Prozess CBN-Schrupp- und Schlichtwerkzeuge genutzt (Bild: Kapp Niles).

Mit Blick auf die Luftfahrtindustrie wäre dies eine enorme Verringerung, denn jedes eingesparte Kilogramm trägt unmittelbar zur Senkung des Treibstoffverbrauchs bei.

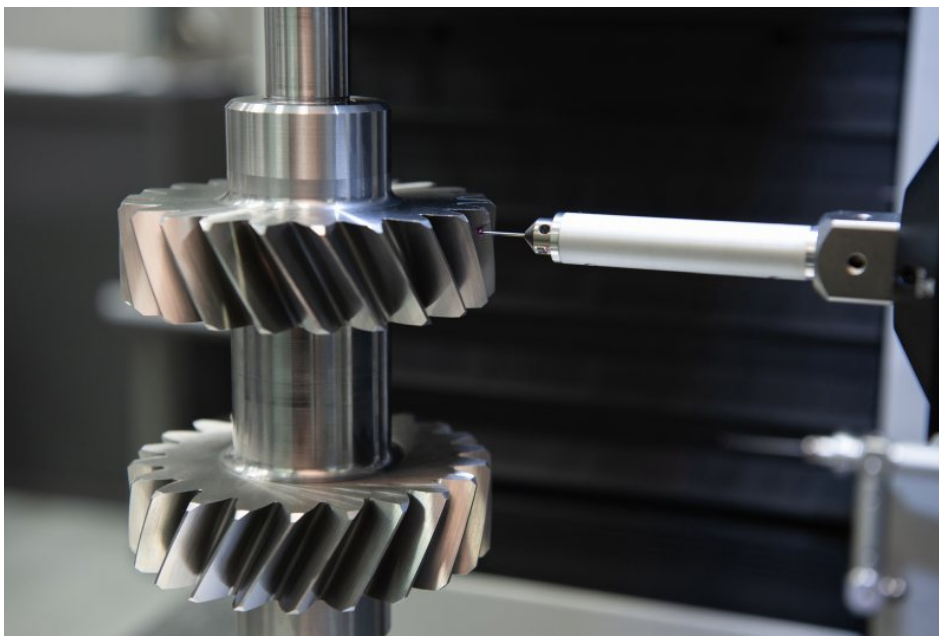
Grenzen traditioneller Lösungen

Die Hartfeinbearbeitung der Zahnflanken erfolgt üblicherweise im Profilschleifverfahren. Zwischen den Verzahnungen ist dabei verfahrensbedingt eine Lücke für den Werkzeugauslauf notwendig. Traditionell werden Doppelschrägverzahnungen mit abrichtbaren oder abrichtfreien CBN-Profilschleifscheiben bearbeitet, die an einer oder zwei Schleifspindeln montiert sind. Der Werkzeugdurchmesser ist durch Spindelgröße und Störkontur der Schleifspindel oft auf 80 bis 100 Millimeter begrenzt. Beim Einsatz abrichtbarer Werkzeuge ist zudem der erforderliche Abrichtdurchmesser ein

begrenzender Faktor. Diese traditionellen Schleiflösungen stoßen jedoch an ihre Grenzen: Sie werden den Anforderungen an geringere Lückenbreiten und damit weniger Gewicht, höhere Qualität und Oberflächengüte nicht mehr gerecht. Zudem erfüllen sie die Produktionsziele für eine wirtschaftliche Fertigung im wettbewerbsintensiven globalen Markt der zivilen Luft- und Raumfahrt nicht. Beim Schleifen von Doppelschrägverzahnungen ermöglichen CBN-Werkzeuge von Kapp Niles einen genau auf die Lückenbreite abgestimmten Durchmesser und sichern so die konstante Qualität. Das Schleifen der komplexen Geometrien erfordert ein präzises Zusammenspiel von Maschine und Werkzeug. Dabei ist es wichtig, das Gleichgewicht zwischen Kosten und Produktivität zu halten, ohne die Präzision zu beeinträchtigen. Der Maschinenbauer hat hierfür spezielle 3D-Simulationstools zur Optimierung der Verzahnungsauslegungen entwickelt. Der Werkzeugdurchmesser ist auf die fortschrittliche Schleifspindel von Kapp Niles und die CBN-Werkzeugherstellung abgestimmt. Durch den Werkzeugschwenkwinkel kann die Kontaktlinie zwischen Werkzeug und Werkstück verkürzt werden. Manchmal geht so das Gleichgewicht der Schleifkräfte zwischen den Flanken verloren, was mit einer höheren Steifigkeit der Schleifspindel ausgeglichen wird. Die außermittige Verschiebung des DHC-Punkts schafft zusätzlichen Spielraum für die Schleifscheiben und ermöglicht so die Reduzierung der Lücke. Auch Fase und Kantenabrundung können Optimierungspotenzial bieten.

Optimierung der Lückenbreite

Zusammen mit einem namhaften europäischen Hersteller von zivilen und militärischen Luft- und Raumfahrttriebwerken hat der Schleifspezialist Optimierungsprozesse durchgeführt. Diese werden in der folgenden Fallstudie dargestellt: Ausgangspunkt war eine Doppelschrägverzahnung mit einer Lückenbreite von 30 Millimetern in Kombination mit einer konventionellen Scheiben- und Spindelgröße. Im ersten Schritt wurde durch den Einsatz einer Spezialspindel mit Gegenlager der Werkzeugdurchmesser von 80 auf 60 Millimeter reduziert. In der nächsten Stufe wurden die Zahnräder gegeneinander gedreht, also der DHC-Punkt verschoben, damit die Schleifscheibe die gegenüberliegende Lücke als zusätzlichen Spielraum verwenden kann. So ließ sich die Lückenbreite auf 18 Millimeter bei einem Scheibendurchmesser von 50 Millimetern verringern. Die nächste Anforderung des Kunden war eine Lücke von 15 Millimetern, also weniger als die Hälfte des ursprünglichen Entwurfs, um das Gewicht der Doppelschrägverzahnung um rund zehn Prozent zu reduzieren. Realisiert wurde dies durch ein integriertes Design von CBN-Schleifscheibe und Schleifscheibendorn mit doppelter CBN-Körnung zum Schrappen und Schlichten in Kombination mit einem CBN-Schleifscheibendurchmesser von 30 Millimetern, einem optimierten Werkzeugschwenkwinkel und der Empfehlung einer kleinen Fase für zusätzliche geometrische Freiheit. Alle Prototypen wurden nach dem Schleifen auf hauseigenen Verzahnungsmessmaschinen validiert.



Eine präzise gefertigte Doppelschrägverzahnung wird auf einer Messmaschine »KNM« gemessen (Bild: Kapp Niles).

Im finalen Design entschied sich der Kunde für eine etwas größere Lücke. Dies ermöglichte eine sichere Trennung der CBN-Schleifscheiben vom Dorn und trug so zu einer optimierten Wirtschaftlichkeit der Werkzeuge bei. Gleichzeitig passte die Lösung zum Gesamtkonzept des Getriebes und dessen Lagerung.

Konstruktion der Schleifspindel

Eine besondere Herausforderung in diesem Projekt war die Konstruktion der Schleifspindel: Um höchstmögliche Abtragsraten und Oberflächengüten zu erzielen, ist meist ein zweistufiger Prozess mit CBN-Schrupp- und Schlichtwerkzeug notwendig. Hierfür entwickelte Kapp Niles eine optimierte Schleifspindel mit Gegenlager, die eine besonders hohe Präzision und Produktivität auch bei sehr kleinen Scheibendurchmessern ermöglicht. Diese bietet zudem weitere Vorteile: Eine integrierte HSK-Schnittstelle verkürzt die Werkzeugrüstzeiten auf ein Minimum. Die Spindelkontur wurde speziell entwickelt, um Kollisionen bei hohen Schrägungswinkeln zu vermeiden. Auch wurde die Spindeldrehzahl für kleine Werkzeugdurchmesser optimiert. Das Gegenlager erhöht die Steifigkeit für höchste Schleifpräzision erheblich – sogar bei Werkstücken mit großen Moduln und ungleichmäßigen Schleifkräften. Kapp Niles ist mit diesem Optimierungsprozess auf einer modularen Standardmaschine gelungen, was vorher mehrere Wettbewerber nicht realisieren konnten: eine Lösung exakt für die gestiegenen Anforderungen des europäischen Herstellers zu entwickeln. Die Fallstudie zeigt somit, dass sich Lückenbreite und Gewicht von Doppelschrägverzahnungen signifikant reduzieren lassen. Erfolgsfaktoren waren die Abstimmung von Werkzeugdurchmesser, Schwenkwinkel und DHC-Punkt, der Einsatz einer hochsteifen Schleifspindel mit Gegenlager und von abrichtfreien CBN-Werkzeugen sowie die Validierung unter realen Produktionsbedingungen. So wurden die anspruchsvollen Anforderungen des Unternehmens aus der Luft- und Raumfahrtindustrie sowohl technisch als auch wirtschaftlich erfüllt.

Hersteller aus dieser Kategorie
