

Wälzschleifen ■ Getriebebau ■ Effizienzsteigerung

Höhere Leistungsdichte als Ziel

Aktuelle Verzahnungsschleifmaschinen sind in der Lage, auch asymmetrische Zahnräder für Automobilgetriebe hocheffizient zu bearbeiten. Bedienerfreundlich ausgelegt, bewältigen sie das Schleifen im asymmetrischen Modus ebenso problemlos wie das im symmetrischen.

von Maximilian Zimmer und Walter Graf

Die aktuellen Ziele bei der Getriebeentwicklung im Automobilbau betreffen unter anderem die Erhöhung der Leistungsdichte, die Reduzierung der Getriebe Geräusche und die Steigerung der Energieeffizienz. Unter der Erhöhung der Leistungsdichte versteht man die Steigerung der übertragbaren Leistung bei unverändertem oder gar verkleinertem Bauraum. Das Ziel ist somit eine Gewichtsreduktion bei gleichbleibender oder gesteigerter Übertragungsleistung. Die Steigerung der Energieeffizienz, das heißt die Reduzierung von Verlustleistung in Getrieben, führt zu einer Senkung der CO₂-Emissionen.

Mit asymmetrischen Verzahnungen auf Belastungsspitzen reagieren

Im Praxiseinsatz unterliegen Verzahnungen in den seltensten Fällen bei Zug- und Schubflanken den gleichen Belastungen. Liegt nur auf einer Zahnflanke die maximale Belastung bei bevorzugter Drehmomentrichtung vor, kann durch Verwendung asymmetrischer Verzahnung der Zahneingriff optimiert werden. Typische Anwendungen mit Vorzugslastrichtung sind:

- Zugmaschinen, etwa Traktoren. Die Maximallast des Motordrehmoments wirkt hier überwiegend nur in eine Richtung.
- Windkraftgetriebe. Hier wirken die Windlast und das Bremsmoment auf die gleichen Zahnflanken.
- Hebezeuggetriebe von Kranen. Bei diesen wirkt die Gewichtskraft immer in dieselbe Richtung.

Asymmetrische Zahnräder lassen sich mit der Profilschleifmethode, dem dis-



1 Zweispiindel-Wälzschleifmaschine Reishauer RZ 260, mit der asymmetrische Verzahnungen genauso wirtschaftlich wie symmetrische bearbeitet werden können (© Reishauer)

kontinuierlichen Schleifen der einzelnen Zahnflanken, relativ einfach herstellen. Die Methode ist jedoch zeitaufwendig, ineffizient und nur dann sinnvoll, wenn geringe Stückzahlen hochpreisiger Werkstücke gefordert werden, wie es zum Beispiel in der Windkraftindustrie der Fall ist. Bei Zahnrädern, die in Automobilgetrieben verbaut werden, besteht ein hoher wirtschaftlicher Druck, sie müssen in großen Stückzahlen und zu niedrigen Preisen hergestellt werden. Für diese Anforderungen ist das Profilschleifen nicht geeignet. In der Automobilindustrie hat sich das

kontinuierliche Wälzschleifen als das produktivste Verfahren zur Hartfeinbearbeitung hochgenauer symmetrischer Zahnräder durchgesetzt. Seit einiger Zeit ist man aber nun in der Lage, mit entsprechenden Werkzeugmaschinen (Bild 1) auch mittels Wälzschleifen asymmetrische Verzahnungen zu bearbeiten, und zwar genauso wirtschaftlich wie symmetrische.

Die Effizienz des Wälzschleifens ist unabhängig vom Werkstückprofil

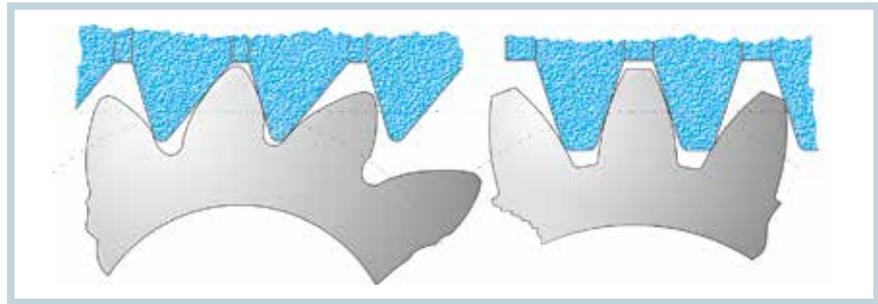
Der Wälzschleifprozess basiert auf einer abrichtbaren, keramisch gebundenen Schleif-

schnecke. Vereinfacht dargestellt kann die Kinematik des Prozesses als Schraubwälzgetriebe verstanden werden, das mit zusätzlichen Achsbewegungen ergänzt wurde: einer X-Zustellung, die die Zustelltiefe der Schleifschnecke im Schleifprozess regelt, und einer vertikalen Vorschubbewegung in Richtung Z. Hinzu kommt eine seitliche Bewegung in Richtung Y, das sogenannte Shiften, das sicherstellt, dass beim qualitätsbestimmenden Schlichthub immer im unverbrauchten Bereich der Schleifschnecke geschliffen wird.

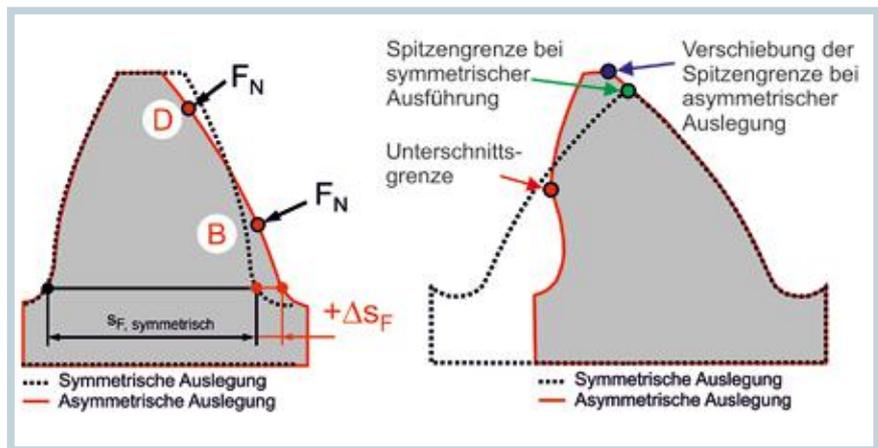
Bei Walzbarkeit des Profils ist die Effizienz des kontinuierlichen Walzsleifens fast unabhängig vom Werkstuckprofil und damit auch für asymmetrische Stirnräder gegeben (Bild 2). Zusätzlich erlaubt das Verfahren einen Polierhub in derselben Werkstuckaufspannung, wenn Zweizonen-Schleifschnecken zum Einsatz kommen.

Um die beschriebene Wirtschaftlichkeit beziehungsweise Effizienz auch wirklich zu erzielen, müssen entsprechende Diamant-Abrichtrollen verwendet werden, die ihrerseits mit asymmetrischen Profilen ausgelegt wurden. Die Schleif- und die Polierzone der Schleifschnecke lassen sich mit gleichem Abrichtwerkzeug und im gleichen Abrichtzyklus abrichten.

Für das automatische Einzentrieren der Werkstückverzahnung zur Schleifschnecke bedurfte es spezifischer Entwicklungsarbeit, um sicherzustellen, dass das Synchronisieren des Werkstücks schnell und zuverlässig wiederholbar bleibt. Weil die beiden Eingriffswinkel der einzelnen Zähne unterschiedlich ausgeprägt sind, ergeben sich beim Schleifen bei der radia-



2 Asymmetrisches Zahnprofil, das mit einer asymmetrischen Schleifschnecke bearbeitet wird (links), und symmetrisches Zahnprofil, in das eine symmetrische Schleifschnecke eingreift (rechts) (© Reishauer)



3 Eigenschaften asymmetrischer Zahnformen. F_N Zahnnormalkraft, B innerer Einzeleingriffspunkt (maßgeblich für die Flankenpressung), D äußerer Einzeleingriffspunkt (maßgeblich für die Fuspannung), S_F kritischer Zahnfuquerschnitt gemäß ISO 6336 (© Reishauer)

len Zustellung für die linke und rechte Zahnflanke unterschiedliche Zerspanungstiefen. Um diesen Unterschied auszugleichen und auf beiden Flanken gleiche Werte für die Zerspanleistung und die Schleifbelastung zu erzielen, ermöglicht die CNC eine kontinuierliche Anpassung der Achssynchronisierung.

Ein asymmetrischer Eingriffswinkel erhöhet die Zahnflanken-Tragfähigkeit

Die asymmetrische Auslegung von Zahnflanken dient primär der Steigerung der Zahnflanken-Tragfähigkeit. Vergrößert man den Eingriffswinkel, vergrößern sich mit der Verkleinerung des Grundkreises auch die Krümmungsradien, und die Flankenpressung an der belasteten Zahnflanke nimmt ab. Des Weiteren nimmt in der Regel die Zahnfuß-Tragfähigkeit mit Abnahme der Biegebeanspruchung und Zunahme des Zahnfuß-Querschnitts zu. Mit anderen Worten: Der Zahn wird ›stabiler‹.

Durch das Verschieben der Spitzengrenze hin zu größeren Durchmesserwerten bei asymmetrischer Wahl der

Eingriffswinkel ergeben sich zudem folgende Vorteile:

- Die Profilüberdeckung nimmt zu,
- die Flächenpressung nimmt ab,
- die Gerauschanregungen nehmen ab,
- die Zahndicke am Kopfkreis nimmt zu,
- die Zahnbruchgefahr aufgrund eines durchgeharteten Zahnkopfes sinkt.

Einschränkend bezüglich der Aufteilung der Eingriffswinkel auf Zug- und Schubflanke wirkt allerdings die Anhebung der Unterschnittgrenze hin zu größeren Durchmesserwerten bei kleiner werdendem Eingriffswinkel und damit der Verlust von Profilhöhe an der Schubflanke (Bild 3).

Verzahnungsschleifmaschinen neuester Bauart sind also in der Tat heute in der Lage, asymmetrische Zahnräder für Automobilgetriebe effizient zu schleifen. Das Maschinenkonzept ist bedienerfreundlich für die Prozessgestaltung und die Dateneingabe ausgelegt. Das Schleifen asymmetrischer Verzahnungen erweist sich somit als genauso einfach wie das Schleifen herkommlicher, symmetrischer Zahnräder. ■

INFORMATION & SERVICE



HERSTELLER

Reishauer AG
CH-8304 Wallisellen
Tel. +41 44 832 22 11
www.reishauer.com

DIE AUTOREN

Dr. Maximilian Zimmer ist Projektleiter Technologieentwicklung bei Reishauer in Wallisellen/Schweiz
maximilian.zimmer@reishauer.com
Walter Graf ist Marketing Manager bei Reishauer
walter.graf@reishauer.com

PDF-DOWNLOAD

www.werkstatt-betrieb.de/7050260