

Topologie- und Parameteroptimierung erhöhen die Prozessdynamik

SCHUNK positioniert sich als Kompetenz- und Weltmarktführer für Spanntechnik und Greifsysteme.

# Leicht beschleunigen

Mit dem Streben nach leichteren Spannfuttern für die Drehbearbeitung bedient SCHUNK die Anforderungen seiner Kunden, die energieeffizient und schnell ihre Bauteile produzieren wollen. Dazu nutzt SCHUNK die von CADFEM angebotenen Simulationslösungen, unter anderem Software zur Topologie- und Parameteroptimierung.

**M**it dem Streben nach leichteren Spannfuttern für die Drehbearbeitung bedient SCHUNK die Anforderungen seiner Kunden, die energieeffizient und schnell ihre Bauteile produzieren wollen. Dazu nutzt SCHUNK die von CADFEM angebotenen Simulationslösungen, unter anderem Software zur Topologie- und Parameteroptimierung.

Das von SCHUNK entwickelte Keilhaken-Kraftspannfutter ROTA NCE vereint Leichtbau, höchste Belastbarkeit und eine außergewöhnliche Formsprache in einem. Die Geometrie des Drehfutters wurde so an den Kraftfluss angepasst, dass trotz Leichtbau eine maximale Steifigkeit

gewährleistet ist. Im Vergleich zu herkömmlichen Drehfuttern wurde die Massenträgheit je nach Baugröße um bis zu 40 Prozent reduziert.

## Hohe Steifigkeit bei geringer Masse

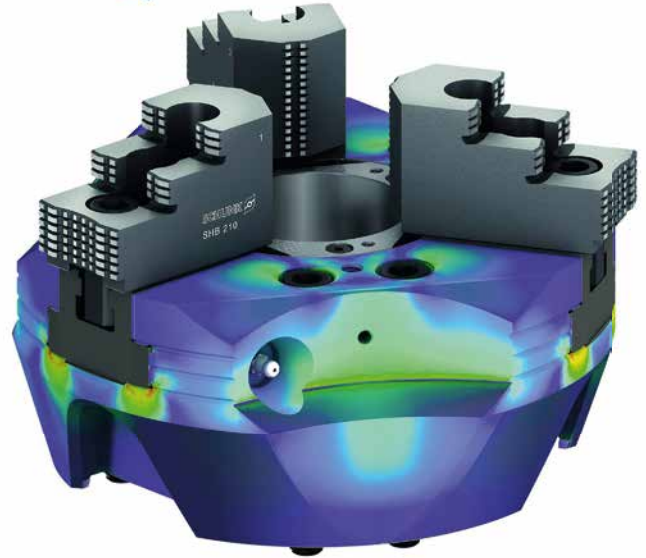
Die Spezialisten am SCHUNK Kompetenzzentrum für Drehtechnik und stationäre Spannsysteme in Mengen wollten ihren Beitrag leisten, um das Energiemanagement gemäß DIN EN ISO 50001 zu verbessern. Ziel war es, ein Spannmittel zu entwickeln, das eine geringe Masse beziehungsweise Massenträgheit besitzt, um so die erforderliche Beschleunigungsenergie

und -dauer zu minimieren. Jedoch sollte die grundlegende Spannfunktion des Futters – gemessen an der Steifigkeit und Variabilität – vollständig beibehalten, möglichst sogar erhöht werden. Und auch die gewünschte Rund- und Planlaufgenauigkeit musste gewährleistet sein.

Dazu wurde mit Hilfe der Topologieoptimierung die Grobstruktur der Spannmittelkomponenten anhand des jeweiligen Kraftflusses bestimmt und anschließend mit der darauf aufbauenden Parameteroptimierung die entstandenen Abmessungen dahingehend variiert, dass sich eine optimale Feinstruktur ergibt. Das so konstruierte Spannmittel konnte dann durch FE-Analysen in seinen Eigenschaften be-



**Bild 1:** FE-Topologieoptimierung errechnet aus dem Kraftfluss die leichteste Futtergestalt.



**Bild 2:** FE-Parameteroptimierung für reduzierte Kerbspannungen und höchste Steifigkeiten.



**Bild 3:** Ergebnis des Optimierungsprozesses – ROTA NCE

wertet und mit den bisher gefertigten Spannmitteln verglichen werden.

## Gewölbestrukturen unterhalb der Backen

„Für die Topologieoptimierung haben wir in ANSYS ein Startmodell definiert, das die erforderlichen Randbedingungen wie Kräfte und Lager enthält“, erklärt Mathias Siber, der das Projekt zum Thema seiner Masterarbeit machte. „Als Zielfunktion der Optimierung wurde die Maximierung der

Steifigkeit gewählt, wobei die Restriktion der Masse bei 70, 50 beziehungsweise 30 Prozent der Ausgangsmasse liegen sollte.“ Außerdem wurden die vorhandenen Funktionsflächen gekennzeichnet, um sie von der Optimierung auszuschließen (Non Design Bereiche), denn sie sollten in ihrer ursprünglichen Form verbleiben. Der Optimierungsalgorithmus ermittelte entsprechend den mechanischen Belastungen und abhängig von den vorgegebenen Masse-restriktionen dann die geometrische Grundgestalt. Dabei entstanden im Futter-

körper Gewölbestrukturen unterhalb der Backenführung und kreisförmige Aussparungen zwischen den Führungsbahnen sowie insgesamt eine konische Futterkontur.

„Durch die Topologieoptimierung konnte das Drehfuttergewicht deutlich reduziert werden, was sich zudem positiv auf die Belastung der Spindellagerung auswirkt“, berichtet Philipp Schröder, Leiter der Entwicklung Spanntechnik. „Außerdem haben wir die Gewölbestruktur, die sich aus der Topologieoptimierung ergeben

hat, als Geschmacksmuster beim deutschen Patent- und Markenamt registrieren lassen, um uns vor Nachahmungen so weit wie möglich zu schützen.“

## Sensitivitätsstudien zeigen Einfluss der Parameter

Nach der Topologieoptimierung erfolgte die Parameteroptimierung anhand von Sensitivitätsstudien mit der Software optiSLang von Dynardo. Damit konnte der Einfluss der Eingangsparameter auf die angestrebten Ausgangsdaten untersucht, visualisiert und bewertet werden. Der anschließend genutzte Optimierungsalgorithmus suchte nach dem Minimum der entsprechend definierten Zielfunktion, unter anderem möglichst wenig Aufbäumung auch bei hoher Spannkraft. Dabei wurden neben dem Futterkörper auch die Grundbacken und Aufsatzbacken berücksichtigt.

„Mit optiSLang konnten wir untersuchen wie die Backenführung aussehen muss“, erläutert Mathias Siber. „Wir analysierten, welche Parameteränderungen zu dem gewünschten Ergebnis führen würden, nämlich wenig Verformung bei geringem Gewicht.“ Für die Grundbacke waren die Masse und die axiale Aufbäumung maßgebend. Dabei dominierten die Parameter „Tiefe der Führung im Futterkörper“ und „Breite der Führungsnut“. Dabei hatte die Tiefe der Führung gegensätzliche Auswirkungen, denn je tiefer die Führung im Futterkörper liegt, desto geringer ist dessen Aufbäumung. Dagegen steigt jedoch die Masse der Grundbacke proportional dazu an.

## Mehrzieloptimierung erleichtert die Auslegung

In dem angesprochenen Fall wird nach der Parameterkonstellation mit geringer Aufbäumung bei gleichzeitig niedrigster Grundbacken-Masse hin optimiert. Das Ergebnis dieser Mehrzieloptimierung ist ein optimales Tiefe-Breite-Verhältnis von 2:3 für die Grundbackenführung. Damit lässt sich das Verhalten des Produktes bei unterschiedlicher Auslegung sehr genau untersuchen, um ein „robustes“ Design zu erstellen (RDO – Robust Design Optimization).

Während mit der Topologieoptimierung aus dem Kraftfluss die leichteste Futtergestalt berechnet wurde, konnten mit der Parameteroptimierung höchste Steifigkeit und reduzierte Kerbspannungen abgesichert werden, um eine größtmögliche Lebensdauer der Spannfutter zu erreichen.

**Bild 4:** Der axial verschiebbare Kolben überträgt die Kraft auf die Grundbacken und erzeugt eine zur Drehachse synchrone, radiale Backenbewegung.



Zusätzlich wurde ein rechnerischer Festigkeitsnachweis nach FKM-Richtlinien durchgeführt.

## Prototyp erfüllt sämtliche Anforderungen

Nach der Optimierung sind von jeder Futtergröße Prototypen gefertigt worden. Diese wurden dann auf dem Prüfstand untersucht und verifiziert, wobei bis zu 500.000 Zyklen getestet wurden, was mehrere Monate in Anspruch nahm. „Wie auch bei anderen Projekten war aufgrund der umfangreichen Simulationen während der Entwicklung nur ein Prototyp pro Baugröße notwendig, der den festgelegten Anforderungen voll und ganz entsprach“, betont Philipp Schröder. „Da ein Prototypentest mehrere Monate dauern kann, liegt die Zeitersparnis durch die Simulation auch in diesem Größenbereich, das heißt bei einer Neuentwicklung bei rund einem halben Jahr.“

Durch die Topologie- und Parameteroptimierung konnte ein Leichtbau-Spannfutter realisiert werden, bei dem eine Reduktion der Masse um 30 beziehungsweise der Massenträgheit um 40 Prozent erreicht wurde. Daraus ergeben sich Vorteile wie verkürzte Beschleunigungsphasen und ein geringerer Spannkraftabfall unter Drehzahl, resultierend aus einer 20 Prozent geringeren Backen-Fliedmasse. Durch die Parameteroptimierung im Bereich der

Backenführung wurde zudem eine Erhöhung der Steifigkeit des Futters bei gleichzeitig reduziertem Spannungsniveau erreicht. Dies führt zu einer Steigerung der maximal ertragbaren Spannkraft um 20 Prozent. In Verbindung mit der reduzierten Backen-Fliedmasse lässt sich so eine mögliche Drehzahlsteigerung von 10 Prozent erzielen. Für den Anwender bietet das Drehfutter SCHUNK ROTA NCE ideale Voraussetzungen für eine hohe Prozessdynamik und Produktivität bei minimalem Energieverbrauch. Vor allem in der Großserienfertigung führt das energie- und taktzeiteffiziente Futter zu deutlichen Einsparungen und ist damit bestens für die Energiemanagement-Zertifizierung DIN EN ISO 50001 geeignet.



### InfoUnternehmen

SCHUNK GmbH & Co. KG  
www.schunk.com

### InfoAnsprechpartner | SCHUNK

Philipp Schröder  
Philipp.Schraeder@de.schunk.com

### InfoAnsprechpartner | CADFEM

Ezzeddine Ammar  
Tel. +49 (0) 711-99 07 45-12  
eammar@cadfem.de