

## FACHBERICHT

MS-Schramberg: Kunststoffgebundene, gespritzte Rotoren in großer Stückzahl wirtschaftlich fertigen

### **Rotoren für Kühlwasserpumpen**

***Elektrische Kühlwasserpumpen gewinnen mehr und mehr an Bedeutung: Weil sie nicht wie mechanische Pumpen vom Motor über Riemen angetrieben werden, optimieren sie den Kraftstoffverbrauch und reduzieren somit die Emissionen bei Verbrennern. Bei Hybrid- und Elektrofahrzeugen kühlen sie die Brennstoffzellen-Stacks, die Batterie sowie die Elektronikbauteile. Zudem sorgen sie für eine funktionierende Innenraumheizung. Eine Kernkomponente der Kühlwasserpumpe ist der „Antriebsrotor mit Flügelrad“. MS-Schramberg, Entwickler und Produzent von Magnet- und Systemlösungen, hat die Baugruppe auf die Kundenanforderungen optimiert und eine Fertigung für sehr große Stückzahlen eingeführt.***

Die Anforderungen an die Rotorbaugruppen in Kühlwasserpumpen sind enorm. Sie müssen beständig sein gegen eine Vielzahl an Kühlmedien und extreme Temperaturunterschiede von minus 40 bis plus 150 Grad Celsius aushalten können. Damit sind sie immer wieder Temperaturschocks ausgesetzt. Um Vibrationen und somit Geräuschentwicklung zu vermeiden, sind nur minimale Unwuchten zulässig. Für eine wirtschaftliche Produktion sollten zudem die verwendeten Magnetmaterialien möglichst ressourcenschonend eingesetzt – und Seltenerdwerkstoffe weitestgehend vermieden oder zumindest reduziert werden. Denn diese sind starken Preisschwankungen unterworfen. Knapp 97 Prozent der Seltenerd-Materialien kommen aus China. Damit bestehen Abhängigkeiten, die Hersteller vermeiden wollen.

Eine Antwort darauf sind kunststoffgebundene, gespritzte Magnetrotoren, die mit einem Flügelrad verbunden und gelagert sind. Diese Baugruppe, die das Herzstück der Pumpe darstellt, lässt sich mit der Mehrkomponenten-Spritzgießtechnik in enorm hoher Stückzahl wirtschaftlich produzieren. Die Fertigungstechnik kann mit weiteren Prozessen ergänzt werden, etwa mit der Zuführung von Buchsen oder Achsen sowie dem anschließenden Verpacken. Durch den hohen Automatisierungsgrad lassen sich dadurch hohe Qualitätsstandards erreichen.

#### **Das passende Magnetcompound**

Zunächst gilt es, das optimale-Magnetcompound für die jeweilige Anwendung auszuwählen. Da dieses chemisch beständig sein muss und ohne Seltenerdwerkstoffe auskommen sollte, bietet sich als Magnetmaterial Hartferrit (HF) an. MS-Schramberg entwickelt und fertigt diese Compounds abgestimmt auf das jeweilige Produkt und die Prozess-Anforderungen und nutzt für die Weiterverarbeitung die Mehrkomponenten-Spritzgießtechnik. Um das Magnetmaterial während des Prozesses mehrpolig auszurichten und zu magnetisieren, sind in den Werkzeugen Magnetsysteme integriert. Compound und Prozess lassen sich entsprechend der magnetischen Leistungsanforderungen optimieren.

Erforderlich sind an den Bauteilen dazu meist große Wandstärken, die sich ungünstig auf die Qualität auswirken können, da es zu Einfallstellen und Lunkerbildung kommen kann. Auch die magnetische Ausrichtung kann negativ beeinträchtigt werden. Zudem erfordern große Wandstärken lange Zykluszeiten, welche die Wirtschaftlichkeit im Spritzgießprozess negativ beeinflussen. Deshalb erfolgt die Fertigung mehrstufig: Der Rotor wird in einen inneren und einen äußeren Ring unterteilt. Im Mehrkomponenten-Spritzgießwerkzeug werden dazu die Komponenten für den inneren und den äußeren Bereich des Rotors in gesonderten Kavitäten gefertigt. Dieses Vorgehen verkürzt die Zykluszeiten für den Spritzgießprozess um knapp die Hälfte. Zudem sind höhere Wuchtgüten und geringere Bauteiltoleranzen umsetzbar. Dazu kommt, dass sich innerhalb der aufgeteilten Fertigungsschritte auch die magnetische Ausrichtung verbessert – dies erhöht die magnetische Leistung des Rotors.

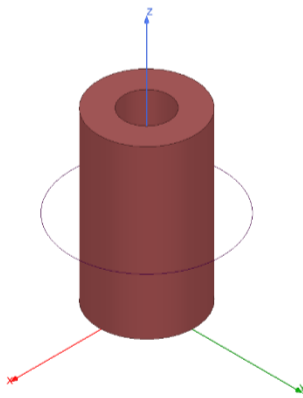
## FACHBERICHT

### Seltenerdwerkstoffe reduzieren

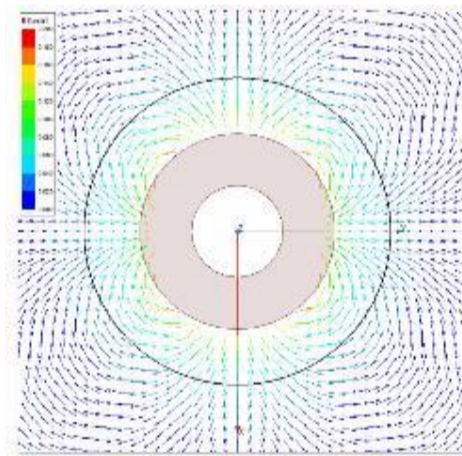
Der Trend geht zu immer kompakteren Kühlwasserpumpen mit immer höheren Leistungen. Ohne Seltenerdwerkstoffe lässt sich dies meist nicht umsetzen. Durch den mehrstufigen Spritzprozess und das optimierte Verhältnis mit Hartferrit können die Seltenerdcompounds minimiert werden. Dazu spritzt MS-Schramberg den inneren Rotorbereich zunächst mit einem HF-Compound, anschließend den dem Stator naheliegenden äußeren Bereich des Rotors – zum Beispiel mit Neodym-Eisen-Bor (NdFeB) (Bild 1). Um den Einsatz dieses Seltenerdwerkstoffs so gering wie möglich zu halten, eignet sich das Prinzip der magnetischen Superpositionen. Dabei addieren sich die Magnetfelder in idealer Weise. Ein Beispiel: Ein vierpoliger Rotor wird aufgeteilt. Die durch den inneren Magneten erzeugte Flussdichte beträgt 42 Millitesla (Bild 2 bis Bild 4), die des äußeren 105 Millitesla. (Bild 5 bis Bild 7). Die Summe ergibt – abgesehen von kleinen Rundungsfehlern – eine Flussdichte des Komplettrotors von 147 Millitesla (Bild 8 bis Bild 10). Beide ergänzen sich mit ihren erzeugten magnetischen Flussdichten ideal. Dank des magnetischen Überlagerungsprinzips kann sowohl Material – sprich Seltenerdwerkstoff – eingespart als auch der Prozess optimiert werden. NdFeB wird nur im äußeren Bereich verwendet, da hier die höhere Remanenz und Koerzitivfeldstärke effektiv die Wirkung unterstützt. Durch die magnetische Superposition trägt das günstige Hartferrit-Compound weiterhin zur Leistungssteigerung bei.



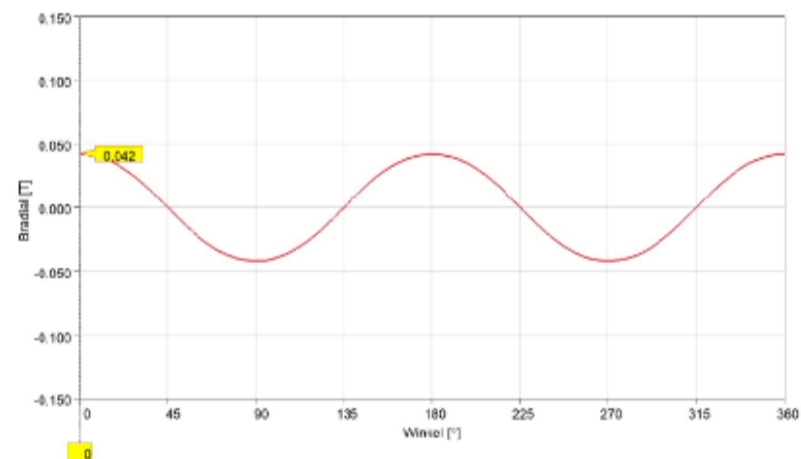
**Bild 1** Der innere und der äußere Bereich der Baugruppe werden in gesonderten Kavitäten innerhalb eines Mehrkomponenten-Spritzgießwerkzeugs gefertigt.



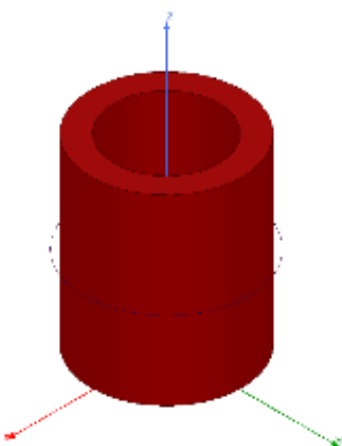
**Bild 2** Der innere Bereich des Rotors



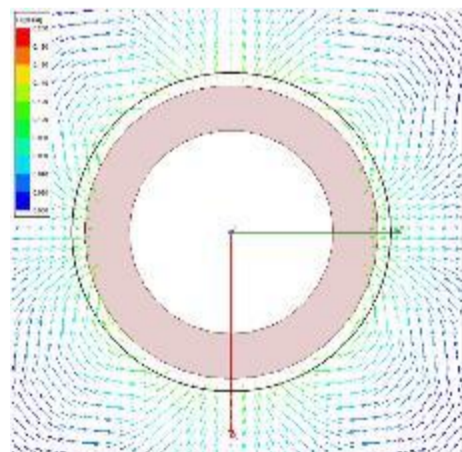
**Bild 3** Das FEM-Modell zeigt den Verlauf der Flusslinien



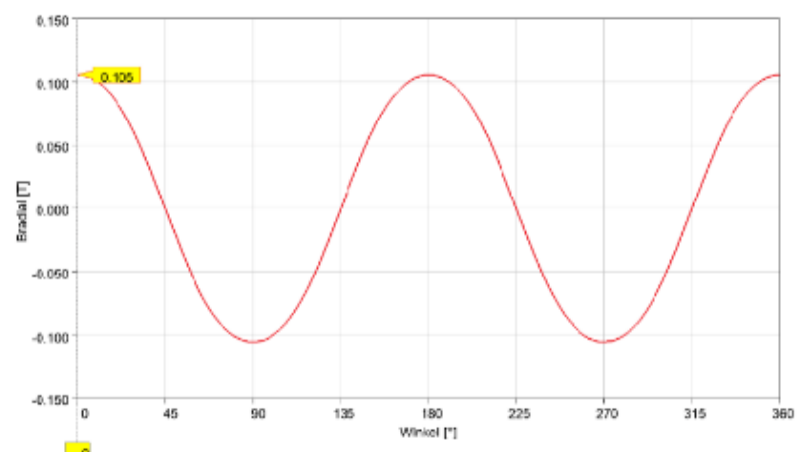
**Bild 4** Die Flussdichte beträgt bei dem Modell bei einem Radius von 13,3 Millimetern etwa 42 Millitesla



**Bild 5** Der äußere Bereich des Rotors

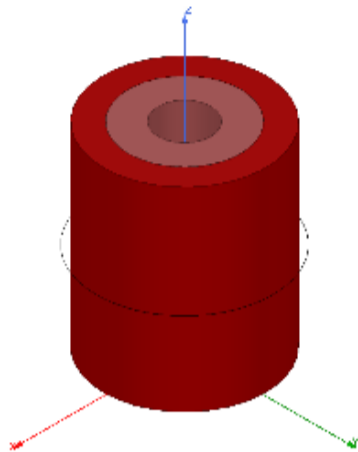


**Bild 6** Das FEM-Modell zeigt den Verlauf der Flusslinien

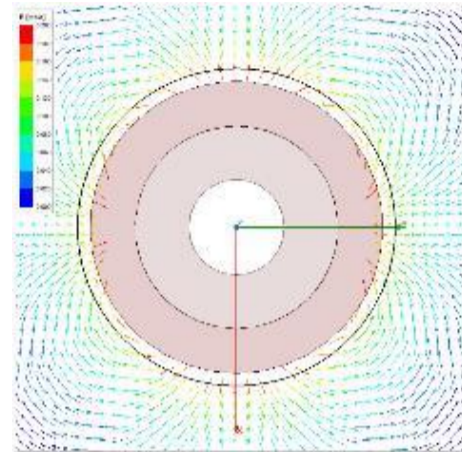


**Bild 7** Die Flussdichte beträgt etwa 105 Millitesla

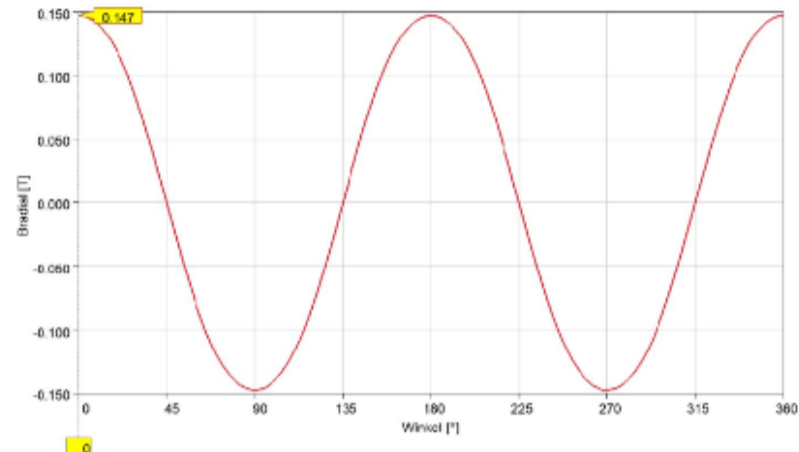
## FACHBERICHT



**Bild 8** Das Modell des kompletten Rotors



**Bild 9** Der Verlauf der Flusslinien beim kompletten Rotor



**Bild 10** Die Flussdichte des Komplettrtors beträgt 147 Millitesla. Der innere und der äußere Bereich ergänzen sich mit ihren erzeugten magnetischen Flussdichten ideal.

### Wirtschaftlicher Ersatz von Blechpaketen durch Hartferritcompound

Um bei größeren Rotoren die Wandstärke der Magnete zu reduzieren, werden ihre inneren Bereiche häufig durch Blechpakete ausgeführt. Diese dienen dabei als Magnetträger und optimieren den Magnetkreis. Auch hier lässt sich das Prinzip der Superposition anwenden: Damit kann entweder die Leistung des Rotors weiter erhöht oder bei gleicher Leistung das Blechpaket eingespart werden. In einem konkreten Anwendungsfall sind beim Rotor ein herkömmliches Blechpaket sowie isotropes NdFeB mit einem Volumen von 3,22 Kubikzentimeter verbaut. Kommt nun anstelle des Blechpakets Hartferrit zum Einsatz, kann dies den Anteil des Seltenerdwerkstoffs um bis zu 30 Prozent reduzieren. Da die Materialkosten von Hartferrit-Compounds um den Faktor drei günstiger sind als das sonst benötigte Blechpaket, ist das ein deutlicher Kostenvorteil. Zudem ist das Hartferrit-Compound mit seiner geringeren spezifischen Dichte leichter als Stahl.

Rotorversion	Komponenten	Volumen Compound	Einsparung
Herkömmlich mit Blechpaket	NdFeB-p isotrop Ø18,5xØ14xH28mm Blechpaket Ø14x Ø8xH28 mm	3,22cm <sup>3</sup>	
neu mit HF-p anisotrop innen an Stelle Blechpaket	NdFeB-p isotrop Ø18,5xØ15,5xH28mm  HF-p anisotrop Ø15,5x Ø8xH28 mm	2,24 cm <sup>3</sup>  3,88cm <sup>3</sup>	30% weniger NdFeB isotrop  Materialkosten von HF-p Compound sind zudem 3 x günstiger als das in diesem Beispiel benötigte Blechpaket

Tabelle: Einsparpotential in Bezug auf Seltenerdmaterial und Bauteilkosten am Beispiel eines Rotors

Als Basis für diese Prozesse setzt MS-Schramberg auf Berechnungen und Simulationen, die sich auf Produkt, Werkzeug und Prozess beziehen. Dazu gehören unter anderem die magnetfeldtechnische Simulation, um den magnetischen Kreis auszulegen, sowie die Struktur- und thermischen Analysen. Die numerische Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics - CFD) bestehend aus den Strömungs- und thermischen Analysen sowie der Fluid-Festkörper-Interaktion. Mit Virtual Molding lassen sich weiterhin Werkzeug- und Fertigungsprozess analysieren und optimieren. Dabei können auch Polymerschmelzeströmungen im Spritzgießprozess berechnet sowie die Verteilung von Füllstoffen darin vorhergesagt werden. Damit erhalten Kunden stets die für ihre Anwendung ideale Lösung.

**Bildquelle:** MS-Schramberg

## FACHBERICHT

### Über die MS-Schramberg GmbH & Co. KG

MS-Schramberg GmbH & Co. KG – Magnet- und Systemlösungen zählt zu den europaweit führenden Herstellern von Permanentmagneten und Baugruppen. Seit über 50 Jahren steht das Familienunternehmen für Lösungskompetenz und Qualität. Bedeutende Erfolgsfaktoren sind die hohe Fachkompetenz, ein überdurchschnittliches Engagement in der Aus- und Weiterbildung, hohe Investitionsbereitschaft sowie intensive Werkstoff- und Verfahrensentwicklung. Rund 500 Mitarbeiter entwickeln und produzieren in Schramberg im Schwarzwald kundenspezifische Artikel für Unternehmen verschiedener Branchen weltweit. Wichtige Industriezweige sind Automotive, Heizung und Klima, Elektro- und Automatisierungstechnik sowie der Maschinenbau. MS-Schramberg verbindet umfassendes Know-how zu Formgebungsmöglichkeiten und Werkstoffeigenschaften in den Prozessen mit modernster Verfahrens- und Automatisierungstechnik. Gemeinsam mit einer intensiven Zusammenarbeit und Betreuung der Kunden schafft dies die Grundlage für innovative Produktlösungen.

### MS-Schramberg GmbH & Co. KG

Max-Planck-Straße 15  
D-78713 Schramberg-Sulgen  
Tel.: +49 7422 519-0

<mailto:info@ms-schramberg.de>

[www.ms-schramberg.de](http://www.ms-schramberg.de)