

- 1 *Im Feinguss gefertigte Aluminium-Zahnsple.*
- 2 *Schematische Darstellung des Nutfüllgrades verschiedener Wicklungsarten für Zahnsple.*
- 3 *Bild einer Wärmebildkamera mit deutlich gleichmäßiger Erwärmung der Spule.*

GEGOSSENE SPULEN AUS ALUMINIUM UND KUPFER

**Fraunhofer-Institut für
Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM**
– **Formgebung und Funktionswerkstoffe** –
Wiener Straße 12
28359 Bremen

Institutsleiter
Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Busse

Kontakt

Gießereitechnologie und Leichtbau

Dipl.-Wi.-Ing. Christoph Pille
Telefon +49 421 2246-227
casting@ifam.fraunhofer.de

Lukas Stumm, B. Eng.
Telefon +49 421 2246-7157
casting@ifam.fraunhofer.de

www.ifam.fraunhofer.de
© Fraunhofer IFAM

An Wicklungen elektrischer Maschinen werden vielfältige Anforderungen gestellt. Die maximale Performance der elektrischen Maschine soll einerseits durch einen hohen Nutzfüllfaktor und somit möglichst gute Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraums erzielt werden. Andererseits muss eine möglichst gute Kühlung der Leiter gewährleistet und die Entstehung von Zusatzverlusten durch Stromverdrängung vermieden werden. Übergreifend besteht der Wunsch nach kostengünstiger und automatisierbarer Fertigung und Montage der Spulen.

Vom Fraunhofer IFAM wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem eine gießtechnische Fertigung von Spulen für elektrische Maschinen ermöglicht wird. Die mit diesem Verfahren herstellbaren Spulengeometrien, mit flacher Leiteranordnung (Abb. 1), bieten entscheidende Vorteile gegenüber konventionell hergestellten Wicklungen.

Materialien

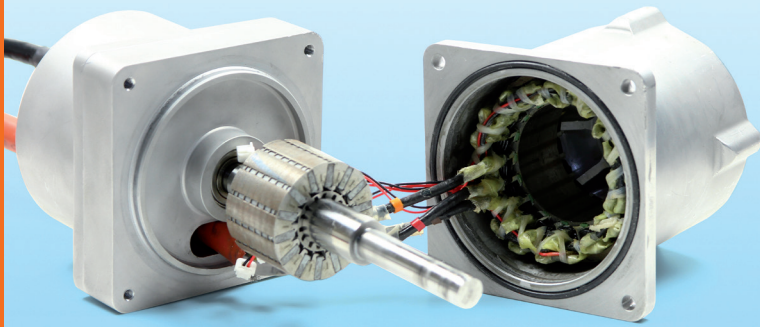
Bei der gießtechnischen Herstellung von Spulen können verschiedene Werkstoffe eingesetzt werden:

- Kupfer und Kupferlegierungen
- Aluminium und Aluminiumlegierungen

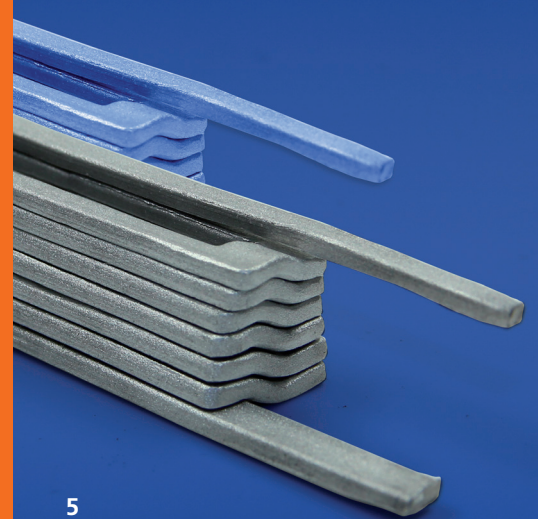
So kann, je nach Bedarf, die Leistung, das Gewicht, der Preis oder die einfache Herstellbarkeit in den Fokus gezogen werden.

Gießverfahren

Gegossene Spulen können mit Hilfe verschiedener Gießverfahren hergestellt werden. So wird passend zu der Spulengröße, dem Material oder der Stückzahl das beste Verfahren gewählt.



4



5

Das Fraunhofer IFAM bietet folgende Gießverfahren für Spulen an:

- Druckguss
- Feinguss
- Lost Foam
- Niederdruckguss
- Metal Injection Moulding

So kann je nach Größe, Stückzahl, Material und Bedarf die passende Fertigungstechnologie gewählt werden.

Isolationsbeschichtungen

Für den Einsatz in einer E-Maschine benötigt die Spule eine Isolationsbeschichtung. Aus diesem Grund wurden verschiedene Beschichtungsverfahren am Fraunhofer IFAM entwickelt und getestet. Es können gängige Pulverbeschichtungen oder Tauchlackierungen verwendet werden, die eine gute elektrische Durchschlagsfestigkeit sowie Temperaturbeständigkeit gewährleisten. Neuentwickelte Beschichtungen bieten den Vorteil höherer Temperaturbeständigkeiten bei dünneren Schichtdicken außerdem die Möglichkeit des Einsatzes in aggressiven Umgebungen wie Ölen oder Kältemitteln.

Vorteile

Bei gießtechnisch hergestellten Spulen ergeben sich mehrere Vorteile gegenüber herkömmlichen Wicklungen. Der größte

Vorteil liegt in einem höheren Nutzfüllfaktor aufgrund der deutlich besseren Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraums. So können die Spulen mit einem Nutzfüllfaktor von bis zu 90% ausgelegt und hergestellt werden.

Wesentliche Vorteile von gegossenen Spulen sind:

- Bessere Entwärmung
- Hohe Stromdichte
- Hohe Leistungs- und Drehmomentdichte
- Einfache Variantenbildung
- Substitution von Kupfer durch Aluminium

Anwendungen

Gegossene Aluminiumspulen, besonders in Kombination mit neuartigen Beschichtungen, ermöglichen den Einsatz leichterer Elektromotoren für Standardanwendungen. High-Performance-Maschinen mit gegossenen Kupferspulen und einem sehr hohen Nutzfüllfaktor sind ebenso möglich.

Speziell beschichtete Aluminiumspulen ermöglichen darüber hinaus den Einsatz in Kälteanlagen mit aggressiven Kältemitteln um den Wirkungsgrad der Anlage zu erhöhen und das Risiko der Korrosion des Elektromotors zu vermeiden.

Zusammenfassung

Die gießtechnische Herstellung von Spulen ermöglichen völlig neue Konzepte für die Auslegung von elektrischen Maschinen. Von High-Performance-Maschinen mit Kupferspulen bis hin zu leichten E-Motoren mit Aluminiumspulen sind die Einsatzgebiete vielfältig.

Unser Angebot

- Elektromagnetische Simulation und konstruktive Gestaltung der Spulengeometrie
- Fertigung und Beschichtung von Prototypenserien
- Grundlegende Verfahrensentwicklung für gießtechnisch hergestellte Spulen
- Entwicklung, Aufbau und Prüfung elektrischer Maschinen mit gegossenen Spulen
- Durchführung von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen
- Beratung zum Aufbau von Pilotserien

4 *Demonstratormotor mit gegossenen Aluminium-Spulen.*

5 *Im Druckguss hergestellte Aluminium-Spule.*