

Entwicklung eines Simulationsverfahrens für die Messung der Magnetfeldverteilung kleiner magnetischer Dipole mit einem Fluxgate-Magnetometer

Ruixin ZHOU¹, Sebastian HANTSCHER¹, Albert SEIDL¹, Johann H. HINKEN²
¹ Hochschule Magdeburg-Stendal (FH), Magdeburg
² FI Test und Messtechnik GmbH, Magdeburg

Kurzfassung

Flugturbinenscheiben bestehen häufig aus paramagnetischen, also nicht-ferromagnetischen Nickelbasislegierungen. Parasitäre kleine ferromagnetische Einschlüsse, also kleine magnetische Partikel, können in seltenen Fällen in ihnen enthalten sein. Sie stellen dann ein hohes Risiko dar. Bei entsprechendem Verdacht sind die Turbinenscheiben auf solche Partikel hin zu prüfen.

Vor der eigentlichen Messung werden die Scheiben stets in axialer Richtung vormagnetisiert. Trotzdem sind die vom magnetischen Partikel aufgenommenen Signaturen jedoch häufig von nicht-idealer Form sondern verzerrt. Diese Verzerrung liegt vermutlich daran, dass die Partikel nicht eine axiale, d.h. in Richtung der Turbinenscheibenachse langgestreckte Form und Richtung haben, sondern davon abweichen.

Um aus den Messungen ableiten zu können, wie die Partikel orientiert sind, wurde ein Simulationsprogramm entwickelt, welches reale Messungen validiert. Dafür wird ein infinitesimal kleiner magnetischer Dipol zu Grunde gelegt, welcher in verschiedenen Richtungen orientiert und in verschiedenen Tiefenlagen unter dem Sensor platziert wird. Das von ihm erzeugte Magnetfeld wird berechnet und an den rotierenden Messaufbau adaptiert. Dieses mathematische Modell wurde durch numerische Integration um die Signaturerzeugung einfacher langgestreckte lineare Dipole erweitert. Somit war es möglich, anhand der Simulationen einen Katalog mit Signaturen für praktisch relevante Tiefenlagen und Ausrichtungen des Sensors aufzustellen.

Anhand dieses Kataloges lassen sich nach erfolgter Messung mit dem Fluxgate-Magnetometer Rückschlüsse auf den Ort, die Art und die Orientierung von ferromagnetischen Einschlüssen in der Flugturbinenscheibe ziehen.

Entwicklung eines Simulationsverfahrens für die Messung der Magnetfeldverteilung kleiner magnetischer Dipole mit einem Fluxgate-Magnetometer

Ruixin Zhou¹, Sebastian Hantscher¹, Albert Seidl¹, Johann Hinken²

¹Hochschule Magdeburg-Stendal, Institut für Elektrotechnik, Breitscheidstraße 2, 39114 Magdeburg

²FI Test- und Messtechnik GmbH, Breitscheidstraße 17, 39114 Magdeburg

1. Problemstellung

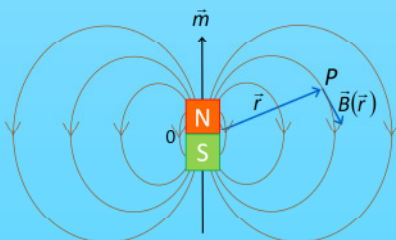
Flugturbinenscheiben bestehen häufig aus paramagnetischen Nickelbasislegierungen. Parasitäre kleine ferromagnetische Einschlüsse können in seltenen Fällen in ihnen enthalten sein. Bei entsprechendem Verdacht sind die Turbinenscheiben auf solche Partikel zu prüfen.

Anhand von Simulationen mit magnetischen Dipolen in verschiedenen Orientierungen ist es möglich, einen Katalog mit Signaturen für praktisch relevante Tiefenlagen und Ausrichtungen der Einschlüsse aufzustellen.

2. Berechnung eines Elementardipols

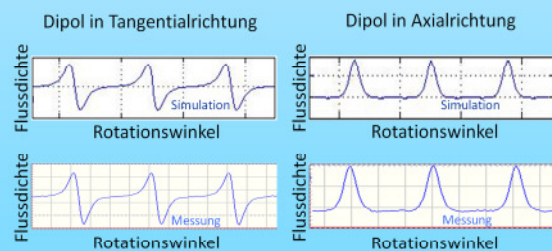
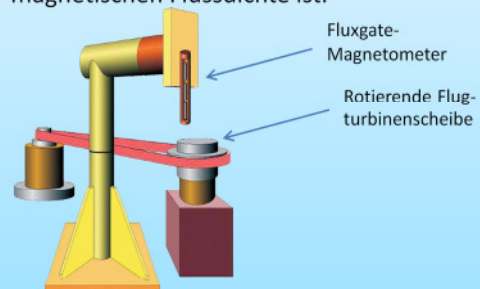
Die magnetische Flussdichte im Aufpunkt P mit dem Ortsvektor \vec{r} eines im Koordinatenursprung befindlichen magnetischen Dipols mit dem Dipolmoment \vec{m} ist durch den folgenden Zusammenhang gegeben:

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi \cdot |\vec{r}|^3} \cdot \left(\frac{3 \cdot \vec{m}^T \cdot \vec{r}}{|\vec{r}|^2} \cdot \vec{r} - \vec{m} \right)$$



3. Sensoranordnung, Simulation und Messung

Zunächst werden die Scheiben in axialer Richtung vormagnetisiert. Danach rotiert die Scheibe unter einem Fluxgate-Magnetometer, dessen aufgezeichnete Spannung proportional zur magnetischen Flussdichte ist.



4. Zusammenfassung

Simulation und Messung zeigen eine sehr gute Übereinstimmung verschiedener Signaturen. Anhand dieser Signaturen lassen sich nach erfolgter Messung Rückschlüsse auf den Ort, die Art und die Orientierung von ferromagnetischen Einschlüssen in der Flugturbinenscheibe ziehen.