

Das Beste, was aus Eisen werden kann

Innovative weichmagnetische Werkstoffe haben in der Elektrotechnik und Elektronik in den letzten Jahren besondere Bedeutung erlangt und zur Entwicklung zahlreicher Sonderwerkstoffe geführt.

Die Vacuumschmelze (VAC) stellt heute eine Vielzahl hochwertiger weichmagnetischer Legierungen und daraus weiterveredelter Produkte für eine Vielfalt von Anwendungsgebieten her. Das Anwendungsspektrum reicht dabei von der Installationstechnik (z. B. elektronische Stromzähler), über Regenerative Energien (Solar, Wind) bis zu Produkten der modernen Unterhaltungsindustrie (Computer, Flachbildfernseher). Meist sind sie von außen nicht sofort sichtbar, sie erfüllen aber wichtige Funktionen wie z. B. zum Anlagen- und Personenschutz, für centgenaue Abrechnungsverfahren, zur verlustarmen Energieübertragung oder sorgen für einen störungsfreien Betrieb elektronischer Geräte.

Die VAC ist einer der weltweit führenden Hersteller von amorphen und nanokristallinen Magnetlegierungen und induktiven Bauelementen mit Kernen aus diesen Werkstoffen. Das Lieferprogramm reicht von Leistungs- und Signalüberträgern, über Präzisionsstromwandler und Stromsensoren bis zu Schaltnetzteildrosseln und EMV Produkten.

Ringbandkerne aus der nanokristallinen Legierung Vitroperm® haben sich aufgrund des überlegenen Eigenschaftsprofils in stromkompensierten Drosseln (SKD) bei der Entstörung elektronischer Geräte bewährt. Neben einer hohen Dämpfung im niederfrequenten Bereich zeichnen sich die SKDs durch ausgezeichnete Hochfrequenzdämpfungseigenschaften aus. Gegenüber Drosseln mit Ferritkernen ergibt das breitbandige Entstörverhal-



▲ Ringbandkerne und Drosseln aus nanokristallinem Vitroperm®

ten gepaart mit überlegenen thermischen Eigenschaften spürbare Vorteile bei der Filterauslegung und ermöglicht zuverlässige Funkentstörfilter. Unter bestimmten Bedingungen lassen sich in vielen Fällen einstufige EMV-Filter an Stelle von zweistufigen Versionen realisieren und damit die Anzahl der passiven Komponenten, die Systemkosten und die Baugröße reduzieren. Durch die Verwendung von kostengünstigen Legierungsbestandteilen (Fe-Basis) und moderner Großserienproduktion hat sich Vitroperm® bereits in vielfältigen Applikationen als wettbewerbsfähige Universallösung für EMV Probleme etabliert. Hauptanwendungsfelder für nanokristalline SKDs sind Schaltnetzteile, unterbrechungsfreie Stromversorgungen, Schweißgeräte, Solarwechselrichter, Windkraftanlagen und Frequenzumrichter.

Die nanokristallinen Vitroperm® Legierungen sind Werkstoffe auf der Basis von Fe, Si und B mit Zusätzen von Nb und Cu. Sie werden mithilfe der Rascherstarrungstechnologie als dünne Bänder in einem Schritt in ihrer Enddicke von circa 20 µm hergestellt. Auf speziellen Wickelmaschinen werden die Bänder zu Ringbandkernen im Abmessungsbereich von 2 mm bis 600 mm weiterverarbeitet. Zur Ausbildung der nanokristallinen Mikrostruktur werden die im Herstellzustand noch

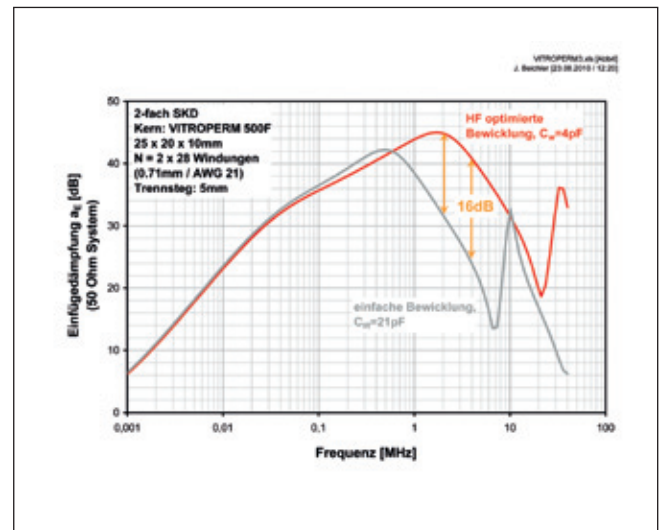
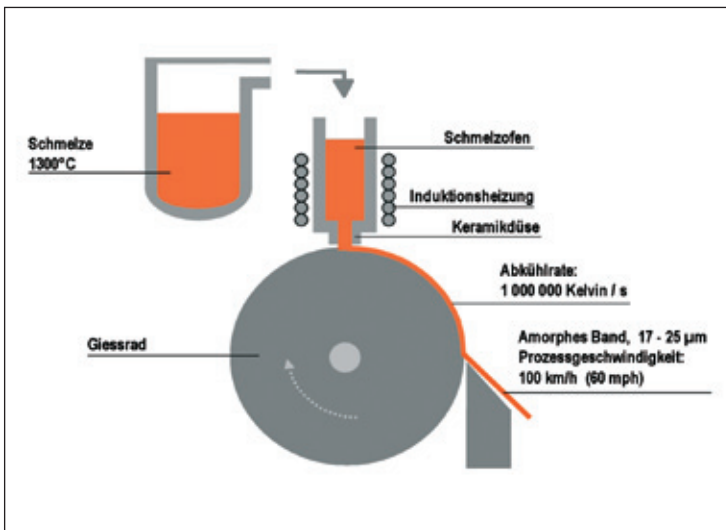
amorphen Bänder einer Wärmebehandlung bei 500 °C bis 600 °C unterzogen. Dabei entsteht eine Zweiphasenstruktur mit feinkristallinen Körnern (mittlerer Durchmesser 10-40 nm), welche in eine amorphe Restphase eingebettet sind.

Dieses strukturelle Merkmal ist die Voraussetzung für das Erreichen höchster Permeabilität und kleinster Koerzitivfeldstärke. Daneben sorgen die geringe Banddicke und der relativ hohe elektrische Widerstand von 1,1 bis 1,2 µΩm für niedrigste Wirbelstromverluste und einen ausgezeichneten Frequenzgang der Permeabilität.

Die Kombination dieser Eigenschaften, verknüpft mit einer Sättigungsflussdichte von 1,2 T sowie günstige thermische Eigenschaften, macht dieses nanokristalline weichmagnetische High-Tech-Material zur universellen Lösung für EMV Probleme, welches konventionellen Ferriten und amorphen Werkstoffen in vielen Punkten überlegen ist.

Vitroperm® unterscheidet sich in seinen Eigenschaften ganz wesentlich von herkömmlichen Ferritmaterialien. Um zu einer optimalen Lösung zu kommen, muss dies bei der Filterauslegung berücksichtigt werden. Die Permeabilität von Vitroperm® 500F liegt im niederfrequenten Bereich deutlich höher als diejenige von Ferrit. Zu höheren Frequenzen zeigen die nanokristallinen Materialien einen weniger starken µ-Abfall. Bei Ferriten weist µ(f) einen flachen Verlauf in dem Bereich von einigen 100 kHz bis ca. 1 MHz auf.

Hier bestimmt µ' die Dämpfungseigenschaft und die Induktivität L dominiert für die Impedanz |Z|. Liegt die Eigenresonanz der Drossel in diesem Frequenzbereich, so ist die Dämpfungskurve schmalbandig und die Dämpfung erfolgt vor allem durch Reflexion des Störsignals. Erst oberhalb von



▲ Rascherstarrungstechnologie zur Herstellung von amorphen Metallbändern

▲ Breitbandiges Dämpfungsverhalten

1 MHz übernimmt $\text{Re}(Z)$ den Hauptanteil der Dämpfung und μ'' dominiert das Geschehen. Liegt hier die Eigenresonanz, wird die Dämpfungskurve zunehmend breitbandiger.

Bei Vitroperm® reicht der flache Bereich von $\mu(f)$ je nach Permeabilitätsniveau nur bis zu Frequenzen von einigen 10 kHz. Die Dämpfung (bzw. $|Z|$) wird folglich bereits bei diesen Frequenzen von $\text{Re}(Z)$ dominiert und erfolgt im EMV-relevanten Bereich oberhalb 150 kHz immer breitbandig.

Die Induktivität spielt nur eine untergeordnete Rolle und beschreibt das Dämpfungsverhalten nur anteilig. Maßgeblich ist der komplette Betrag der Impedanz.

Die für Ferritdrosseln mögliche Näherung $|Z| = \omega L$ ist für Vitroperm®-Drosseln nicht möglich: Hier gilt $|Z| \gg \omega L$. Die Dämpfung erfolgt weniger durch Reflexion, sondern vor allem durch Absorption des Störsignals.

Eine hohe Impedanz erreicht man besser durch Einsatz eines hochpermeablen Kernmaterials als durch eine Erhöhung der Windungszahl, da eine kleine Windungszahl zu einer niedrigen Wicklungskapazität und dadurch zu verbesserten HF-Eigenschaften führt.

Aufbauend auf den vorteilhaften Werkstoffeigenschaften nanokristalliner Kerne verfügt die Vacuumschmelze über sehr viel praktische und theoretische

Erfahrung im Design stromkompensierter Drosseln und in der Auslegung von Filtern. Mit optimierten und kapazitätsarmen Drosseln der VAC lassen sich bei gleichem Materialeinsatz deutlich bessere Hochfrequenzeigenschaften erzielen.

Die Sättigungsflussdichte von Vitroperm® ändert sich im Anwendungstemperaturbereich bis 150 °C nur um wenige Prozent, während MnZn-Ferrite bis 100 °C um bis zu 40 % abfallen. Durch die hohe Curie-Temperatur von mehr als 600 °C darf die maximale Arbeitstemperatur zeitlich befristet 180 bis 200 °C erreichen. Die Einfügedämpfung (bzw. auch die Impedanz) einer Drossel aus Vitroperm® 500F bleibt im Temperaturbereich von -40 °C bis über 150 °C nahezu temperaturunabhängig. Bei Ferritdrosseln ist mit steigender Temperatur eine deutliche Abnahme der Einfügedämpfung zu verzeichnen. Durch hohe Induktivitäten in extrem kompakten Drossel- bzw. Kernabmessungen erhöht sich jedoch die Empfindlichkeit gegen unsymmetrische Magnetisierungsbedingungen, welche durch Common Mode, Unsymmetrie- oder Ableitströme verursacht werden. Bei Vitroperm® wirkt sich die gegenüber Ferriten etwa dreimal höhere Sättigungsflussdichte von 1.2 T vorteilhaft aus, es muss jedoch das für den Anwendungsfall passende μ -Niveau gewählt

werden, um eine sättigungsfeste Lösung zu finden. Die überlegenen Materialeigenschaften von nanokristallinen Kernwerkstoffen ermöglichen stromkompensierte Drosseln mit hoher Induktivität bei auffallend niedrigen Windungszahlen. Deshalb eignen sich Vitroperm®-Drosseln bei hohen Strömen und bei hohen Spannungen gleichermaßen. Weiterführende Informationen zu Kernen und stromkompensierten Funkentstördrosseln der VAC finden sich in der neu erschienen Applikationsschrift 'Nanokristallines Vitroperm®-EMV Produkte'.

■ INFO

Autor:
 Dipl.-Ing. Roman Klinger
 Produktmarketing Industrie-Anwendungen
 VACUUMSCHMELZE GmbH & Co. KG
 Grüner Weg 37
 63450 Hanau
 Tel.: 06181 38-0
 E-Mail: roman.klinger@vacuumschmelze.com
 www.vacuumschmelze.com