



## AlNiCo-Magnete

### - sind Permanentmagnete oder Dauermagnete.

Das bedeutet: Ferromagnetische Metallstücke werden im Produktionsverfahren durch ein starkes äußeres Magnetfeld aufmagnetisiert und bleiben dann dauerhaft magnetisiert. Bei sachgemäßer Handhabung verlieren sie ihre Magnetkraft auch nach Jahrzehnten nicht.

### - bestehen hauptsächlich aus Aluminium, Nickel und Kobalt.

AlNiCo-Magnete sind metallische Dauermagnete auf Basis von AlNiCo-Legierungen. Je nach Materialzusammensetzung, neben Aluminium (Al), Nickel (Ni) und Cobalt (Co) auch Eisen (Fe), Kupfer (Cu) sowie Titan (Ti), und Fertigungsverfahren können isotrope und anisotrope Magnete mit unterschiedlichen magnetischen Werten hergestellt werden.

### - werden in ihren ferromagnetischen Eigenschaften mittels Hysteresekurve beschrieben.

Diese Magnetisierungskurve enthält Informationen über die Stärke der Magnetisierung (Remanenz [Br]) sowie über die benötigte äußere Magnetkraft, die zur Entmagnetisierung führt (Koerzitivfeldstärke).

Die Flussdichte im gesamten Raumhingenegen, also die Stärke des magnetischen Flusses, der durch ihre Fläche hindurch fließt, lässt sich analytisch ohne komplexe finite-Elemente-Software nicht berechnen. Entlang der Magnetisierungsachse kann man für Quader und axial magnetisierte Zylinder die Flussdichte näherungsweise mit einer Formel abschätzen.

### - sind zwar begrenzt, aber enorm hoch erhitzbar.

Magnetisierung bedeutet, vereinfacht gesagt, dass das äußere Magnetfeld die im Inneren des Werkstücks befindlichen atomaren magnetischen Momente alle parallel in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet werden. Damit ist das Werkstück magnetisch. Diese gemeinsame Ausrichtung hebt sich jedoch bei zu starker Erwärmung wieder auf. AlNiCo-Magnete jedoch weisen die bei weitem höchste Temperaturstabilität aller Magnetmaterialien auf; es sind Einsatztemperaturen von bis zu 500°C möglich.

### - können isotrop oder anisotrop hergestellt werden.

Das bedeutet: mit oder ohne klare Vorzugsrichtung. Vereinfacht gesagt, sind anisotrope Magnete zwar magnetisch, jedoch ohne klar definierbaren Nord- und Südpol (dies ist z.B. bei den meisten Magnetbändern der Fall). Bei isotropen Magneten hingegen wird bei der Aufmagnetisierung die Magnetisierungsrichtung klar bestimmt, sodass sich eine eindeutige Vorzugsrichtung und eine klar zu definierende Nord-Süd-Richtung mit deutlicher Polausprägung ergibt.

### - kommen sowohl mit wie auch ohne Polmarkierung in den Handel.

Magnete aus AlNiCo werden häufig als „Schulmagnete“ eingesetzt; dann sind sie meist rot-grün lackiert. Es werden jedoch auch reine Rohmagnete ohne Markierung der Pole angeboten, sodass die Pole in diesen Fällen bestimmt werden müssen. Hierbei hilft am einfachsten ein rot-grün eingefärbter „Schulmagnet“ oder auch ein Kompass. Dabei gilt: Gleiche Pole stoßen sich ab. Der Nordpol eines Magneten liegt also dort, wo er vom Südpol des Testmagneten angezogen wird.

### - werden in unterschiedlichen Verfahren hergestellt.

Dauermagnete aus AlNiCo können mittels unterschiedlicher Verfahren hergestellt werden: Im Rahmen des Gußverfahrens werden die Vormaterialien geschmolzen und anschließend in Sand- oder Feingussformen gegossen. Beim Sinterverfahren werden die Pulver der Vormaterialien zunächst gemischt, in das Matrizenhohl eines Presswerkzeuges gefüllt und danach zu

Formkörpern verpresst. Anschließend werden die Teile unter Schutzgas oder im Vakuum bei Temperaturen von etwa 1300 °C gesintert. Durch diesen Prozess entsteht die gewünschte Legierung und die Verdichtung des Formkörpers. Je nach Pressdichte und Sinteremperatur ist mit einer Sinterschrumpfung von ca. 10 % zu rechnen. Im Anschluss daran werden die Magnete verschiedenen Wärmebehandlungen unterzogen, um die elementare Struktur weiter auszurichten und zu festigen. Anschließend können die Magnete bearbeitet werden.

**- sind gut Lösungsmittel- und bedingt säurebeständig.**

AlNiCo-Magnete sind bedingt beständig gegen Essigsäure, organische Säuren bei Konzentrationen unter 10%. Sie sind nicht beständig gegen anorganische Säuren, Seewasser, Zitronensäure und stark alkalische Lösungen. Zudem verfügen über eine hohe Remanenz, eine extrem hohe Korrosionsbeständigkeit und sind beständig gegen Öl, organische Lösungsmittel, Benzin und Alkohole. Magnete aus AlNiCo sind herstellbedingt inert und können umweltfreundlich entsorgt werden. Für bestimmte Anwendungsbereiche, z. B. bei direktem Kontakt mit Lebensmitteln, ist auf Grund des Kobaltgehaltes der Legierung eine Ummantelung aus Kunststoff anzuraten.

**- dürfen, aber können meist nicht mechanisch bearbeitet werden.**

Dauermagnete aus AlNiCo sind sehr hart und spröde und können nur mit Diamantwerkzeugen oder durch Erodieren bearbeitet werden.

**- können unterschiedlich stark aufmagnetisiert werden.**

Wie stark aufmagnetisiert ein Dauermagnet aus AlNiCo ist, bezeichnet die Angabe LN, LNG oder LNGT mit einer darauf folgenden ein- oder zweistelligen Ziffer. Die Zahl gibt dabei die Energiedichte, also die im Magneten gespeicherte Magnetenergie, an:  $(B \times H)_{\max}$  in MegaGaußOerstedt. Allerdings ist bei AlNiCo-Magneten zu beachten, dass schon das Grundmaterial aufgrund der unterschiedlichen Herstellungsmöglichkeiten abweichend sein kann; dieses ist der zunächst wichtigere Hinweis, der mit dem Kürzel Al sowie einer nachfolgenden einstelligen Zahl angegeben wird. Magnete aus Al<sub>2</sub> oder Al<sub>3</sub> sind dabei zumeist isotrop. Allerdings ist eine Haltekraftangabe bei AlNiCo-Magneten nicht üblich, denn diese spielt in den klassischen Einsatzbereichen von AlNiCo eine nachgeordnete Rolle.

**- sind die „Methusalems“ unter den Magneten und lange erprobt.**

AlNiCo-Magnete sind bereits seit den 1930er Jahren erhältlich; der japanische Metallurg Tokushichi Mishima entdeckte, dass die Zugabe von Aluminium zu Legierungen aus Eisen und Nickel diese Legierungen permanentmagnetische Eigenschaften entwickelten. Durch weitere Verfeinerungen und Erweiterungen des Legierungsverhältnisses um Kobalt, Kupfer und Titan gelangten AlNiCo-Magnete schnell zur Marktreife. Nachteilig an AlNiCo-Magneten ist ihre magnetische Instabilität, und durch die Entwicklung von Ferrit- und vor allem Neodymmagneten wird AlNiCo mittlerweile nicht mehr so besonders häufig eingesetzt.

**- sind am empfindlichsten gegen Störungen der Magnetfunktion.**

Nachteilig an AlNiCo-Magneten ist ihre magnetische Instabilität; durch ein äußeres Magnetfeld lassen sie sich relativ leicht entmagnetisieren. Außerdem müssen Magnete aus AlNiCo sorgsam gelagert werden: Zum einen sollten AlNiCo-Magnete nicht mit anderen magnetischen Werkstoffen zusammen zum anderen geordnet gelagert werden. Hufeisenmagnete aus AlNiCo benötigen eine Rückschlussplatte (oder Joch), die während des Lagerns die beiden Schenkel miteinander verbindet.