

Dauermagnetische Kupplungen für die Antriebstechnik

Einteilung und Aufbauprinzip

Der Einsatz dauermagnetischer Kupplungen ist nicht nur besonders kostengünstig, sondern auch funktionssicher. Sie arbeiten verschleißfrei, berührungslos, wartungsfrei, zeigen eine geringe Lagerreibung bei Zentraldrehkupplungen und verfügen über eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer unter normalen Bedingungen. Im Allgemeinen kommen sie besonders dort zur Anwendung, wo eine absolute Trennung von Antrieb und Abtrieb vorgenommen werden muss.

Dauermagnetische Kupplungen lassen sich in drei Grundtypen einteilen:

- Synchronkupplungen als Stirn- oder Zentraldrehkupplungen
- Hysteresekupplungen
- Wirbelstromkupplungen

Für alle Arten von Kupplungen und Bremsen gilt die Leistungsgleichung:

$$P_1 - P_v - P_2 = 0$$

P_1 ist die der Antriebsseite zufließende Leistung,

P_2 ist die auf der Antriebsseite abfließende Leistung,

P_v ist die durch den Übertragungsmechanismus in der Kupplung auftretende Verlustleistung.

Bei den Synchronkupplungen ist $P_v=0$, da der Schlupf $S=0$ ist. Auf der Antriebs- und Abtriebsseite stehen sich Dauermagnete mit einer gleichen geraden Anzahl von Polen spiegelsymmetrisch (Stirndrehkupplungen; Abb. 1) oder rotationssymmetrisch (Zentraldrehkupplungen; S. 42/Abb. 2) gegenüber.

Stirndrehkupplungen aus Oxit

Die Anwendungsmöglichkeiten sind ähnlich wie bei den nachstehend beschriebenen Zentraldrehkupplungen, wobei die Trennwände plan und eben sein können. Es ist zu beachten, dass die relativ hohe Axialkraft durch geeignete Lager aufgenommen werden muss.

Wenn lose magnetisierte Magnetrings zum Selbsteinbau von Stirndrehkupplungen von uns bezogen werden, so ist im Interesse der Erhaltung der magnetischen Werte darauf zu achten, dass die von uns beim Verpacken eingehaltene Distanz zwischen den Ringen

nicht verringert wird und die Magnete nicht gegeneinander verdreht werden, bevor sie mit dem Rückschlußgehäuse versehen werden.

Stirndrehkupplung aus Oxit 360

Bestell-Nr.	Drehmoment in Nm bei einem Luftspalt L_L in mm				Magnetabmessungen			Abmessungen Magnet mit Eisenfassung	
	1	3	5	10	Außen Ø mm	Innen Ø mm	Höhe mm	Außen Ø mm	Höhe mm
106 070	0,10	0,07	0,05	0,02	41 ± 0,6	24 ± 0,6	8	50 ± 0,2	9,5 ± 0,15
106 071	0,35	0,23	0,17	0,07	53 ± 0,7	23 ± 0,5	8	63 ± 0,2	10 ± 0,15
106 072	0,80	0,60	0,44	0,24	68 ± 1,5	32 ± 0,7	10	80 ± 0,25	13 ± 0,2
106 073	1,75	1,25	1,00	0,45	84 ± 4,0	32 ± 1,0	12	100 ± 0,25	16 ± 0,2
106 074	2,85	2,40	1,90	1,05	100 ± 2,0	50 ± 1,0	15	125 ± 0,25	20 ± 0,2
106 075	7,80	6,35	4,80	2,60	124 ± 3,0	56 ± 3,0	18	150 ± 0,3	24 ± 0,2
106 076	9,50	8,00	6,00	3,80	140 ± 2,0	70 ± 1,0	21	165 ± 0,3	27 ± 0,2

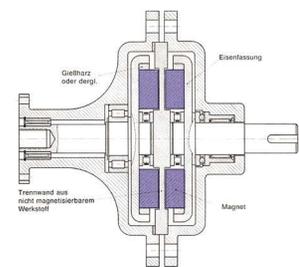


Abb. 1 Stirndrehkupplung

Stirndrehkupplungen aus Neolit / Secolit



Bei den Stirndrehkupplungen aus Neolit (Secolit als Sonderanfertigung) werden die Kupplungshälften im Eisenrückschluß montiert geliefert.

Die Bohrung in der Eisenfassung kann bei der Bestellung angegeben werden und wird dann von uns individuell gefertigt für ent-

sprechende Wellenenden. Es ist auch möglich die Kupplungshälften ungebohrt zu beziehen und die Bohrungen selbst anzubringen.

Durch die sehr starken Neodym-Eisen-Bor-Magnete ist es möglich einen axialen Mittenversatz von 5 mm und eine Abweichung der Parallelität von 2-3° zuzulassen ohne nen-

nenswerte Drehmomentverluste. Außerdem werden Vibrationen vom Antrieb nicht auf den Abtrieb übertragen.

Zentralkupplungen aus Oxit/Secolit/Neolit

Zentralkupplungen werden mit Vorteil eingesetzt, wenn Drehenergie stopfbuchslos durch Wände hindurch übertragen werden soll.

Wird eine elektrisch leitfähige Trennwand verwendet, so werden dort Wirbelströme induziert. Die Trennwand wird in der Regel als so genannter Spalttopf ausgeführt. Somit entstehen Wirbelstromverluste, die das maximale Kupplungsmoment geschwindigkeits-

abhängig verkleinern. Außerdem erzeugen die Wirbelströme Wärmeverluste im Spalttopf, so dass evtl. eine Kühlung vorgesehen werden muss. Die zusätzlichen Wirbelstromverluste muß der Antrieb bereitstellen, so dass der Motor um diesen Verlustanteil größer dimensioniert werden muss.

Um das Dauermagnetmaterial gut auszunutzen, müssen die Magnetkupplungen rechnerisch optimiert werden.

TRIDELTA bietet eine Reihe von Kupplungsmagneten aus Oxit 100, die zum Bau von Zentralkupplungen verwendet werden. Bei den in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Ringkombinationen handelt es sich nur um die Magnetringe.

Die mögliche Eisenfassung und die Verlagerung sowie der Spalttopf sind nicht im Lieferumfang enthalten.

Stirndrehkupplung aus Neolit (Secolit als Sonderanfertigung)

Bestell-Nr.	Drehmoment in Nm bei einem Luftspalt L_L in mm					Abmessungen Magnet mit Eisenfassung	
	1	2	4	6	8	Außen Ø mm	Höhe mm
140 051	1,8	1,25	0,7	0,4	0,2	45	15
140 052	2,8	2,0	1,07	0,6	0,3	50	15
140 053	3,8	2,7	1,46	0,8	0,4	60	20
140 054	6,3	4,5	2,3	1,2	0,5	75	25
140 055	10,2	8,0	4,1	2,14	1,3	94	25
140 056	21	17,8	12,6	8,0	5,0	108	25
140 057	35	28,3	15,3	9,1	6,0	130	40



Zentralth-Komplettkupplungen aus SECOLIT mit Spalttopf



- 1) Äußerer Magnetrotor
- 2) Innerer Magnetrotor
- 3) Spalttopf mit Flansch

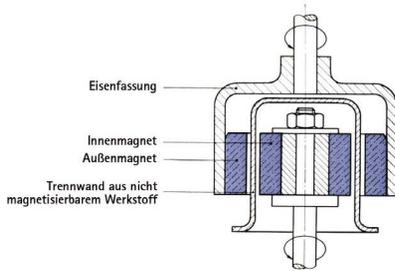


Abb. 2 Zentralthkupplung

Temperaturverhalten der Magnete

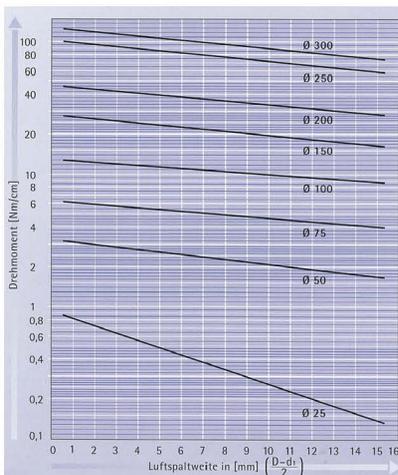
Der Arbeitsbereich von Oxit- und Neolit-Kupplungen liegt zwischen -30°C u. $+100^{\circ}\text{C}$. Bei Erhöhen oder Erniedrigen der Betriebstemperatur nehmen die übertragbaren Drehmomente ab oder zu und zwar linear um rund $0,4\%/^{\circ}\text{C}$ bei Oxit und $0,6\%/^{\circ}\text{C}$ für

Bezeichnung	Drehmoment in Nm	Innenrotor Außen Ø mm	Außenrotor		Gesamtlänge in mm
			Außen Ø mm	Innen Ø mm	
ZDK-3	3	42	49	68	65
ZDK-8	8	58	66	90	80
ZDK-16	16	58	66	90	110
ZDK-30	30	88	97	120	115
ZDK-65	65	122	132	164	120

Zusätzlich bieten wir einige Baugrößen von Zentralthkupplungen mit Seltenen-Erden Magneten an. Bei diesen Systemen handelt es sich um eine gesamte einbaufertige Kupp-

lung inklusive Spalttopf. Die jeweiligen Wellenanschlussmaße für Antrieb und Abtrieb sollten bei der Anfrage/Bestellung mit angegeben werden.

Drehmoment pro cm axialer Kupplungslänge in Abhängigkeit des Betriebsluftspaltes



Parameter: Außen-Ø des Kupplungsinnenteils d1
Zwischenabmessungen des Ø d1 sowie größere Luftspalte sind möglich, ebenso eine Kapselung des Innenteils.

Neolit. Für Secolit liegt der Arbeitsbereich zwischen -190°C bis $+250^{\circ}\text{C}$. Hierbei nehmen die Drehmomente um $0,2\%/^{\circ}\text{C}$ ab oder zu. Die jeweilige Kupplung erreicht bei Raumtemperatur wieder ihre Ausgangswerte, da der Temperatureffekt reversibel ist. Für Tem-

peraturen oberhalb von 250°C entwickeln wir auf Wunsch Spezialkupplungen aus AlNiCo. Derartige Oerstit-Kupplungen können bis 400°C Dauertemperatur eingesetzt werden.

Mit Hilfe feldnumerischer Programme wurden einige Kupplungen berechnet und die Ergebnisse in nachfolgender Abbildung dargestellt. Sie soll dem Anwender eine Möglichkeit geben, den Raumbedarf einer Kupplung grob abzuschätzen. Die axiale Länge bei Zentralthkupplungen sollte nach Möglichkeit mindestens die vierfache Luftspalllänge betragen. Da in den Stirnbereichen verstärkt magnetische Streuflüsse auftreten, tragen diese Bereiche nicht im vollen Maße zum Drehmoment bei.

Dauermagnetische Axialschubkupplungen und andere Sonderausführungen

Neben den üblichen Kupplungen zur Übertragung von Drehbewegungen stellt Tridelta Magnetsysteme auch Kupplungen her, die Linearbewegungen übertragen können. Wie auch bei den Drehkupplungen ist die Übertragung der Schubbewegung kraftschlüssig durch Dauermagnetwerkstoffe.

Je nach Anwendungsfall und Einsatztemperatur kommen hier magnetische Werkstoffe mit Seltenen-Erden (Secolit oder Neronit) zum Einsatz.

Vorteile:

- Kupplung wirkt in beide Richtungen
- Kraftübertragung durch Dauermagnete ohne mechanische Verbindung
- die miteinander wirkenden Magnetsysteme können hermetisch abgedichtet werden

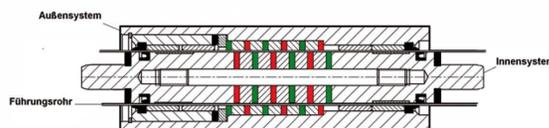
Als Sonderausführung wurde diese Art der Kupplung von Tridelta Magnetsysteme kombiniert mit einer Zentralkupplung für einen besonderen Anwendungsfall.

So konnte erreicht werden, dass bei gleichzeitiger Übertragung eines vorgegeben Drehmoments in diesem System eine Axiale-Verschiebekraft möglich ist.

Die Tridelta Magnetsysteme GmbH realisiert für ihre Kunden jede technisch mögliche Kupplungsanwendung.

Unsere Fachingenieure sind gerne bereit Sie bei Ihren Kupplungsanwendungen zu beraten.

Schematische Darstellung einer belasteten Schubkupplung



(Zur Kenntlichmachung der Pole sind die Eisenpolscheiben in der Anordnung farbig)

Hysteresekupplungen



Die Anwendung von Hysteresekupplungen ist überall dort sinnvoll, wo über große Dreh-

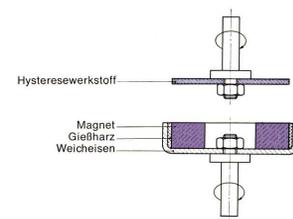
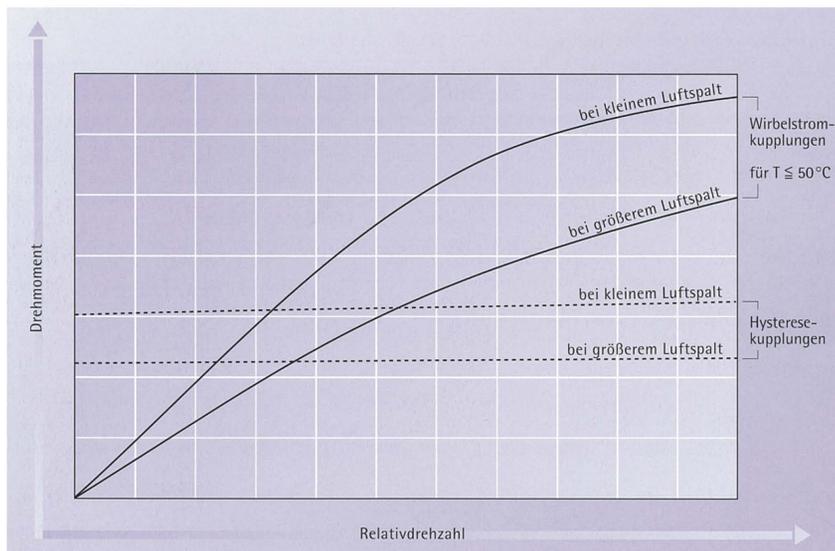
zahlbereiche ein konstantes Moment übertragen werden soll.

Bei den von uns gebauten Hysteresekupplungen, die übrigens auch genauso als Bremse arbeiten können, steht dem nicht magnetisierten Hysteresewerkstoff, z. B. Oerstit 70, jeweils ein magnetisierter Dauermagnetwerkstoff, z.B. Oxit 360, Secolit oder Neolit gegenüber. Je nach Anwendungsfall und gewünschtem Moment werden die Werkstoffkombinationen variiert.

Das Dreh- oder Bremsmoment der Hysteresekombination ist weitgehend unabhängig von der Relatvdrehzahl und bereits bei sehr geringer Relatvdrehzahl vollständig vorhanden. Die nachfolgende Abbildung zeigt diese Abhängigkeit für zwei verschiedene Luftspalte zwischen Antriebs- und Abtriebsseite.

In der Praxis zeigt sich jedoch, dass bei höheren Relativgeschwindigkeiten ein geringes Ansteigen des Momentes durch ein überlagertes Wirbelstrommoment auftritt.

Drehzahl über Drehmoment



Falls erforderlich, ist eine Regelung des Momentes durch axiales Verschieben, d.h. durch Veränderung des Luftspaltes und damit des Nutzflusses möglich. Es ist darauf zu achten, dass sich hinter der Oerstit 70-Hysteresescheibe kein Eisen befindet, da sonst das übertragbare Drehmoment beträchtlich abnimmt. Der Abstand zwischen Hysteresescheibe und Eisenteilen muss mindestens 15 mm betragen.

Hysteresekupplungen aus Oxit, Secolit und Oerstit

Bestell-Nr.	Drehmoment in Ncm ^{*)} bei einem Luftspalt L _L in mm			Magnetabmessungen			Abmessungen Magnet mit Eisenfassung		Bohrung in der Eisenfassung Ø mm	Abmessungen der Hysteresescheibe		
	1,0	1,5	2,0	Außen Ø mm	Innen Ø mm	Höhe mm	Außen Ø mm	Höhe mm		Außen Ø mm	Innen Ø mm	Höhe mm
106 330	1,2	0,7	0,4	41±0,6	24±0,6	8	50±0,2	9,5±0,15	-	42±0,2	6,4±0,2	4-0,2
106 331	2,3	1,9	1,5	53±0,7	23±0,5	8	63±0,2	10±0,15	-	55±0,2	8,4±0,2	4-0,2
106 332	9,5	8	6	68±1,5	32±0,7	10	80±0,25	13±0,2	-	70±0,2	8,4±0,2	4-0,2
106 333	20	15	12	84±4,0	32±1,0	12	100±0,25	16±0,2	-	85±0,2	10,5±0,2	4-0,2
106 334	35	31	27	100±2,0	50±1,0	15	125±0,25	20±0,2	-	105±0,2	10,5±0,2	4-0,2
106 335	70	55	42	124±3,0	56±3,0	18	150±0,3	24±0,2	-	130±0,2	13,0±0,2	4-0,2
106 336	115	103	90	140±2,0	70±1,0	21	165±0,3	27±0,2	-	145±0,2	13,0±0,2	4-0,2

* 1 Ncm = 0,00738 ft lbs

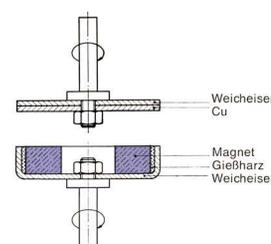
Wirbelstromkupplungen

Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Antriebs- und Bremsenlementen wird bei den Wirbelstromkupplungen das Moment erst durch eine Relativgeschwindigkeit zwischen Antriebs- und Abtriebsseite erzeugt. Das übertragbare Moment steigt daher mit der Relativedrehzahl. Die Grafik „Drehzahl über Drehmoment“ (S. 43) zeigt den Momentenverlauf für zwei verschiedene Luftspalte.

In der Praxis werden Ringe oder Segmente aus Dauermagnetwerkstoffen mehrpolig magnetisiert und Kupferscheiben von 2 bis 5 mm Stärke gegenübergestellt, die aus magnetischen Gründen noch einen Rückschluß aus Weicheisenscheiben von 2 bis 6 mm Stärke aufweisen.

In folgender Tabelle sind die bei verschiedenen Luftspalten für drei verschiedene Relativedrehzahlen erzielbaren Momente von Wirbelstromkupplungen zusammengestellt. Die angegebenen Werte beziehen sich auf die Raumtemperatur, die bei Messungen durch entsprechende Kühlung der Kupferscheibe eingestellt wurde. Bei Wirbelstromkupplungen kommt zu dem Temperaturkoeffizienten des Magneten noch der Temperaturkoeffizient des Kupfers. Da sich Wirbelstromkupplungen infolge der Ausbildung von Wirbelströmen mit wachsender Drehzahl stark erwärmen, fallen die Werte des erzielbaren Drehmomentes je nach erreichter Temperatur stark ab. Falls man nicht kühlt, können bei Wirbel-

stromkupplungen Temperaturen bis 200°C bei Relativedrehzahlen von 1000 min⁻¹ an der Kupferscheibe auftreten, wodurch die Drehmomente bis zu 50% abfallen. Die auftretenden Verluste sind dabei zum Teil irreversibel. Sie können nur durch Neumagnetisierung ausgeglichen werden. Hält man die Temperatur unter 50°C, so beträgt der Abfall des Drehmomentes nur etwa 10%.



Wirbelstromkupplungen aus Oxit 360, Secolit und Cu/Fe

Bestell-Nr.	Drehmoment in Ncm ² bei einem Luftspalt L ₁ in mm			Bei einer Relativdrehzahl n 1/min.	Magnetabmessungen			Abmessungen Magnet mit Eisenfassung		Bohrung in der Eisenfassung Ø mm	Wirbelstromaggregat			
	0,5	1,0	2,0		Außen Ø mm	Innen Ø mm	Höhe mm	Außen Ø mm	Höhe mm		Außen Ø mm	Innen Ø mm	Cu- stärke Ø mm	Fe- stärke mm
106 450	1,0	0,8	0,6	500	41±0,6	24±0,6	8	50±0,2	9,5±0,15	-	50	6,4	2	2
	2,0	1,6	1,1	1000										
	2,8	2,2	1,5	1500										
106 451	4,9	3,8	2,5	500	53±0,7	23±0,5	8	63±0,2	10±0,15	-	63	8,4	2	2
	9,3	7,5	5	1000										
	13	10,5	7	1500										
106 452	26	19	14	500	68±1,5	32±0,7	10	80±0,2	13±0,2	-	80	8,4	2	3
	47	35	25	1000										
	59	47	35	1500										
106 453	75	56	42	500	84±4,0	32±1,0	12	100±0,25	16±0,2	-	100	10,5	2	3
	130	100	75	1000										
	160	120	93	1500										
106 454	140	120	90	500	100±2,0	50±1,0	15	125±0,25	20±0,2	-	125	10,5	3	4
	190	170	130	750										
	230	210	155	1000										
106 455	450	380	300	500	124±3,0	56±3,0	18	150±0,3	24±0,2	-	150	13,0	3	4
	580	500	400	750										
	650	580	470	1000										
106 456	600	520	400	500	140±2,0	70±1,0	21	165±0,3	27±0,2	-	165	13,0	3	4
	760	670	510	750										
	800	700	530	1000										

* 1 Ncm = 0,00738 ft lbs

Technische Beratung und Musterlieferung

Sämtliche Kupplungen und Bremsen können einbaufertig geliefert werden. Jedoch ist es auch möglich, uns die Glocken und Aufnahmen, in die die Magnete eingebaut werden sollen, zum Einbau und Magnetisieren zuzuschicken. Die Außenringe der Zentraldrehkupplungen können abhängig von Form und Größe sowie Anzahl der hintereinander-

liegenden Ringe nach verschiedenen Verfahren in die Glocken eingebracht werden.

Aus diesem Grunde ist es erforderlich, bei Anfragen eine Zeichnung der geplanten Aufnahmen für die Magnetringe mitzuschicken, damit die günstigste Montagemethode festgelegt werden kann.

Bei den Wirbelstrom-, Hysteresekupplungen

und -bremsen ist die Erprobung eines Versuchsmodells zu empfehlen, da sich hier die Momentkurven je nach Anwendungsfall verändern können, z.B. durch Erwärmung.

Zur Besprechung spezieller Fragen bezüglich der Anwendungsmöglichkeiten von Magnetkupplungen stehen Ihnen unsere Fachingenieure gern zur Verfügung.

Magnetische Bremsen – Optimale Verarbeitung von Endlosprodukten

TRIDELTA fertigt besondere Lösungen für verschiedene Industriebereiche, teilweise nach kundenspezifischen Anforderungen. Wir haben hier seit mehr als 30 Jahren Erfahrungen, z.B. mit der Reifenindustrie.

Einteilung und Aufbauprinzip

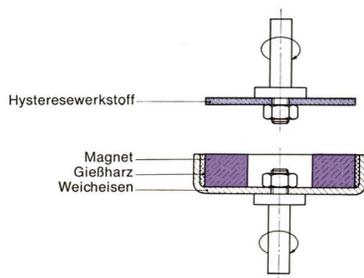
Der Einsatz dauermagnetischer Bremsen ist nicht nur besonders kostengünstig, sondern auch funktionssicher. Sie arbeiten verschleiß-

frei, berührungslos, wartungsfrei und verfügen über eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer unter normalen Bedingungen.

Permanent magnetische Bremsen lassen sich in zwei Grundprinzipien unterteilen:

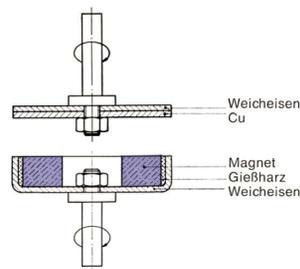
• Hysteresebremsen

Die Anwendung von Hysteresebremsen ist überall dort sinnvoll, wo über große Drehzahlbereiche ein konstantes Moment übertragen werden soll. Bei den von uns gebauten Hysteresebremsen steht dem nicht magnetisierten Hysteresewerkstoff, z.B. Oerstit 160 jeweils ein magnetisierter Dauermagnetwerkstoff, z.B. Neolit NQ3F gegenüber. Je nach Anwendungsfall und gewünschtem Moment werden die Werkstoffkombinationen variiert.



• Wirbelstrombremsen

Im Gegensatz zu dem vorher beschriebenen Bremsentyp, wird bei der Wirbelstrombremse das Moment erst durch eine Relativgeschwindigkeit zwischen Antrieb und feststehender Bremsenseite erzeugt. Das übertragene Moment steigt daher mit der Relativedrehzahl. Wirbelstrombremsen erhitzen sich mit steigender Drehzahl. Bei einer Drehzahl größer als ca. 1000 U/min (konstruktionsabhängig) sollte daher eine Kühlung vorgesehen werden.



Die Abbildung rechts zeigt eine Bremse zur Konstanthaltung der Zugspannung in einer Abwickelstation.

Ausführung als Hysteresebremse mit einem maximalen Bremsmoment von 80 Ncm; hergestellt für die Reifenindustrie in den 80er Jahren .



Die einstellbare Hysteresebremse für die Abwicklung von Drähten aller Art

Viele Anwender wollen das Bremsmoment einstellen bzw. variieren können.

Daher produzieren wir auch Bremsen, bei denen der Abstand zwischen Bremsscheibe und Dauermagnet verändert werden kann. Für die Abwicklung von Drähten aller Art fertigen wir unsere einstellbare Hysteresebremse (Artikel Nr. 136582). Hier kann der maximale Einstellbereich durch die Wahl des Magnetwerkstoffes zusätzlich verändert werden.

In der Reifenindustrie hat sich beim Abwickeln von Drahtcord durch die Verwendung von Ferrit ein Einstellbereich bis maximal 150 Ncm als ausreichend erwiesen. Durch die Verwendung von Hochleistungsdauermagneten aus Neodym-Eisen-Bor lässt sich der Einstellbereich bis 500 Ncm vergrößern.



Die mechanisch geregelte Wirbelstrombremse für abzuspulendes Endlosmaterial



TIDELTA hat mit der Magnetwirbelstrombremse eine neue patentierte Dauermagnetbremse entwickelt, die alle Vorteile einer Dauermagnetbremse wie Berührunglosigkeit, Wartungsfreiheit, Geräuscharmheit, Verschleißfreiheit, keinen Bremsabrieb kombiniert mit einer einfachen mechanischen Regeleinheit, ohne aufwendige und komplizierte elektronische Steuerung.

Das Regelverfahren der Bremse verläuft so, dass zunächst die Drahtrolle auf die abbrem-

bare Welle aufgebracht wird und die Drahtrolle mit einem Mitnehmer verbunden wird, so dass die Rolle ohne die Welle nicht frei drehen kann. Nun wird der Draht über die beweglich angeordnete Tänzerrolle geführt. Die Umlenkrolle wird durch Druckluft und einen Rollmembranzylinder in einer bestimmten einstellbaren Position gehalten. Durch eine starre Verbindung der Drehachse mit einem Bremssystem ist jede Position der Umlenkrolle eine fest definierte Bremskraft

zugeordnet. Der Abspulvorgang startet und die Umlenkrolle stellt sich auf eine Position ein und es ergibt sich eine Zugspannung im Draht. Ändert die Umlenkrolle nun ihre Position während des Abspulens (durch Verhaken des Drahtes oder weniger feste Wicklung), ändert sich auch die Bremskraft, aber die Zugspannung im Draht bleibt unverändert. Kehrt die Umlenkrolle in die ursprüngliche Position zurück, wird die Drahttrommel wieder gebremst wie zu Beginn. Zusätzlich kann sich nun auch die Drehzahl ändern. Bei einem normalen Bremssystem würde sich dadurch nicht zwingend eine Änderung der Bremskraft ergeben, wohl aber eine Änderung der Zugspannung durch den Zusammenhang zwischen Umdrehungsgeschwindigkeitsänderung und der Masseträgheit der Drahttrommel. Dadurch ist die Bremse in der Lage, Schwankungen in der Drehzahl selbständig auszuregulieren, ohne dass sich dadurch die Zugkraft ändert. (Artikel Nr. 139800; max. Moment 700 Ncm bei 100 U/min)