



Tridelta Magnetsysteme

Przedsiębiorstwo Grupy Tridelta

Sprzęgła i hamulce na bazie magnesów trwałych - nowoczesne rozwiązania w technice napędów



Sprzęgła i hamulce magnetyczne

bezkontaktowe przeniesienie napędu

Wprowadzenie i podstawy konstrukcji

Sprzęgła oraz hamulce magnetyczne wykonane na bazie magnesów trwałych są komponentami bezpiecznymi, niezawodnymi i przede wszystkim bardzo ekonomicznymi w utrzymaniu i eksploatacji. Ostatnią cechą jest związana z długą żywotnością tych elementów, wynikająca z samej specyfiki ich działania, która eliminuje zużycie poprzez brak kontaktu mechanicznego pomiędzy elementami sprzęgła czy hamulca. Pracując z relatywnie niskim

współczynnikiem tarcia, głównie występującym na łożyskach nośnych (zwłaszcza sprzęgła koncentryczne), komponenty tego typu nie wymagają praktycznie żadnej konserwacji. Można powiedzieć, że w przypadku zapewnienia „projektowych” warunków pracy takiego komponentu, jego żywotność jest właściwie nieskończona.

Sprzęgła i hamulce magnetyczne są szczególnie użyteczne tam, gdzie istnieje konieczność zapewnienia fizycznej separacji pomiędzy częścią napędzaną a napędową.

Sprzęgła i hamulce magnetyczne wykonane na bazie magnesów trwałych można podzielić na trzy podstawowe rodzaje:

- sprzęgła synchroniczne w wykonaniu tarczowym i pierścieniowym,
- hamulce histerezyowe,
- hamulce wiropądowe.

Dla wszystkich rodzajów sprzęgieł i hamulców prawdziwe jest równanie opisujące ich sprawność, a mianowicie:

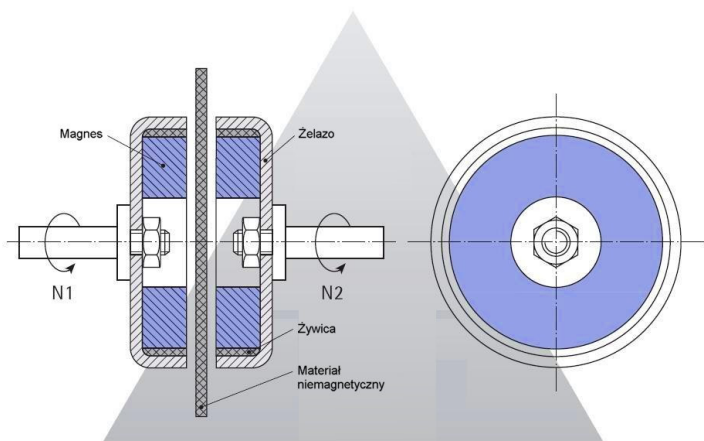
$$P_1 - P_V - P_2 = 0$$

gdzie:

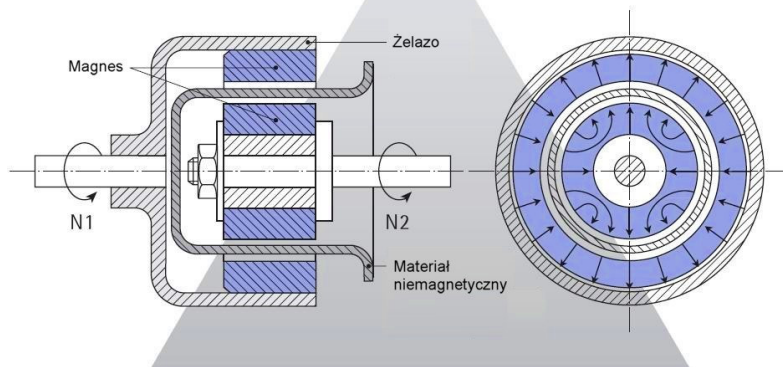
P_1 – moc dostarczana po stronie napędu,

P_2 – moc przeniesiona po stronie napędzanej,

P_V – strata mocy w układzie przeniesienia napędu sprzęgła lub hamulca.



Rys. 1. Schemat konstrukcyjny sprzęgła tarczowego.



Rys. 2. Schemat konstrukcyjny sprzęgła pierścieniowego.

Sprzęgła synchroniczne charakteryzują się brakiem strat mocy w układzie przeniesienia napędu. Oznacza to, że w przytoczonym równaniu wartość współczynnika $P_v = 0$, co wiąże się także z brakiem zjawiska poślizgu, czyli $S = 0$ (zobacz także informacje na stronach 6 – 10 dotyczących zastosowania i sposobów montażu). Zarówno po stronie napędu, jak i po stronie napędzanej, są zamontowane naprzeciw siebie magnesy trwałe. Są one jednakowo spolaryzowane i posiadają identyczne parametry. W sprzęgłach tarczowych (rys. 1) montuje się magnesy w sposób lustrzany, natomiast w sprzęgłach pierścieniowych (rys. 2) w sposób roto-symetryczny. Gwarancją optymalnych parametrów synchronicznego sprzęgła magnetycznego jest zapewnienie:

- przenikalności magnetycznej $\mu_{rev} \rightarrow 1$,
- koercji magnetycznej oraz gęstości strumienia magnetycznego tak dużej, jak to tylko możliwe.

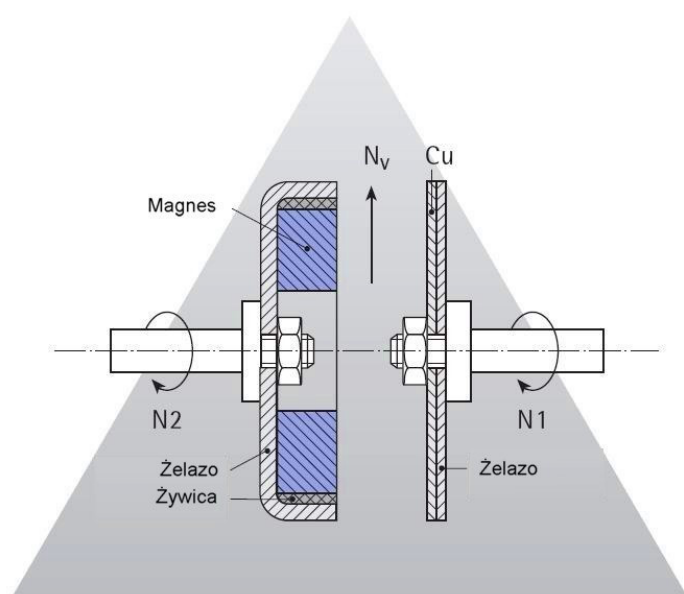
Realizacja tych założeń jest możliwa dzięki zastosowaniu ceramicznych materiałów ferromagnetycznych z domieszką strontu (Sr) lub baru (Br) bądź kompozytów materiałowych na bazie pierwiastków ziem rzadkich i kobaltu (Co).

W hamulcach histerezyowych jedna część sprzęgła synchronicznego – zazwyczaj część napędowa, ze względu na chłodzenie – jest zamieniona na pierścień bądź dysk wykonany z materiału będącego magnesem trwałym o relatywnie większej remanencji i przenikalności magnetycznej, ale o odpowiednio mniejszej koercji w stosunku do magnesów wykorzystanych w drugiej, niezmienionej części sprzęgła. Dzięki takiej konstrukcji, zapewniającej występowanie pewnych oporów, zmodyfikowana część magnetyczna sprzęgła może być łatwo spolaryzowana przeciwnie przez drugą część sprzęgła (rys. 3).

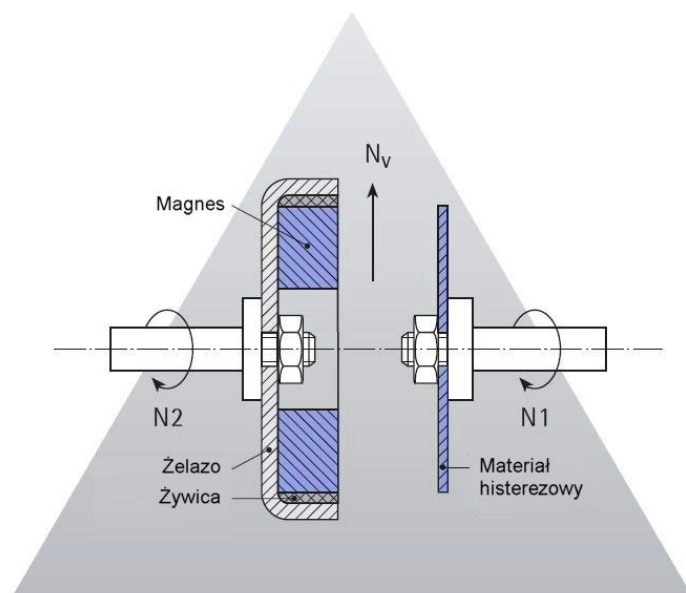
W hamulcach wiropądowych straty mocy w układzie transmisyjnym spełniają zależność: $P_v > 0$, jako że poślizg $S > 0$. W tym przypadku jedna część synchronicznego sprzęgła magnetycznego – zazwyczaj część napędowa – jest zamieniona na dysk lub pierścień wykonany na bazie przewodnika elektrycznego wzmocnionego żelazem (rys. 4).

Najpopularniejsze sprzęgła magnetyczne, opisane w tabelach 1, 2a, 2b, 3 i 4, są elementami standardowymi, dostępnymi z magazynu centralnego w Niemczech.

Zestawione w tabelach wartości momentu są wartościami minimalnymi i mogą w rzeczywistości być przekroczone.



Rys. 4. Schemat konstrukcyjny hamulca wiropądowego.



Rys. 3. Schemat konstrukcyjny hamulca histerezyowego.

Sprzęgła synchroniczne

Tarczowe i pierścieniowe sprzęgła magnetyczne, rozwijane i produkowane przez firmę TRIDELTA Magnetsysteme, charakteryzują się dużą niezawodnością, zdecydowanie długą żywotnością, a tym samym wyjątkową ekonomią eksploatacji. Wykorzystując w nich relatywnie niewielkie wymiary magnesów trwałych, można przenosić w sposób bezkontaktowy spore wartości momentu przez trwały element separacyjny bez konieczności uciekania się do specjalnych uszczelniaczy czy dławnic, będących w rzeczy samej najsłabszym miejscem każdego w pełni szczelnego układu mechanicznego. Największą jednak zaletą poprawnie dobranych do danej aplikacji sprzęgła magnetycznych jest ich praktycznie pomijalne zużycie, wynikające z minimalizacji, a wręcz eliminacji zjawiska tarcia w systemie mechanicznym. Dotychczas produkowane w wielu różnych wariantach komponenty przeniesienia napędu dowiodły

swojej ogromnej przydatności w różnych sektorach przemysłu, ugruntowując pozycję firmy jako wiarygodnego i rzetelnego dostawcy.

Wytwarzane przez firmę TRIDELTA Magnetsysteme sprzęgła tarczowe i pierścieniowe są realizowane na bazie dostarczonych przez Klienta wytycznych aplikacyjnych, a tym samym spełniają wszystkie wymagania odbiorcy w zakresie parametrów i materiałów. Do produkcji omawianych sprzęgła magnetycznych wykorzystuje się następujące magnesy:

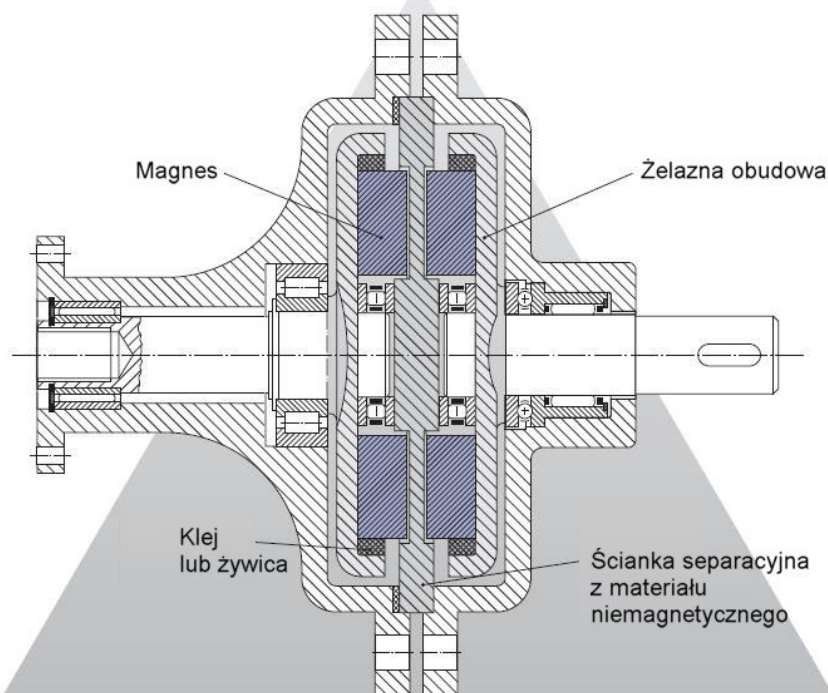
- ceramiczne ferryty twarde: OXIT 100, 360,
- ferryty metaliczne: OERSTIT 260, 450, 500,
- ferryty ziem rzadkich: SECOLIT 215,
- ferryty neodymowe (NdFeB): NEOLIT, NERONIT

Tabele 1 – 2b zawierają charakterystyki 3 różnych

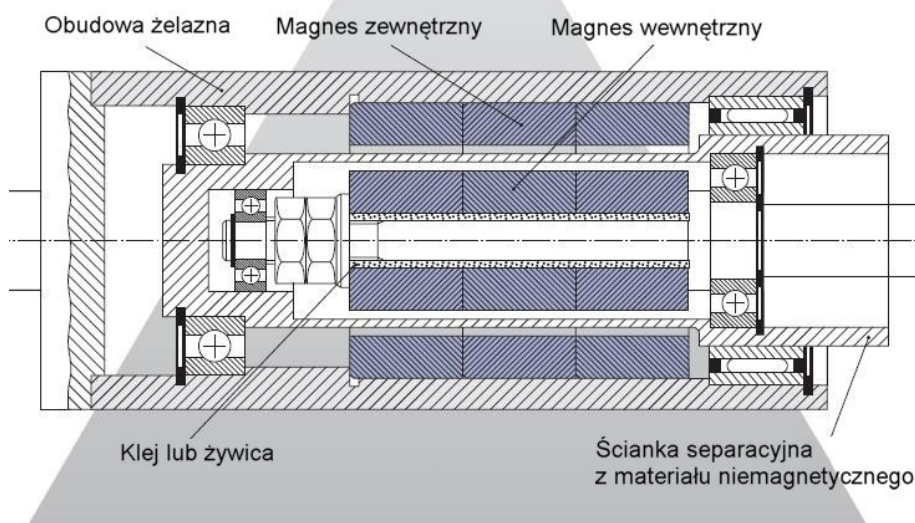
rodzajów sprzęgła tarczowych i pierścieniowych. Podstawowe schematy omawianych sprzęgła zostały pokazane na rysunkach 1 oraz 2. Detaliczny przekrój konstrukcyjny typowego sprzęgła tarczowego umieszczono na rysunku 5. Natomiast rysunek 6 przedstawia odpowiedni przekrój detaliczny typowego sprzęgła pierścieniowego. Dane techniczne zestawione w tabelach na stronach 6 – 10 umożliwiają ocenę wielkości układu magnetycznego i żelaznej obudowy koniecznych do uzyskania pożądanej wielkości momentu.

W przypadku wyboru konkretnego typu sprzęgła należy pamiętać, że w przypadku rozruchu (rozpoczęcia ruchu obrotowego) układu lub w momencie pojawienia się chwilowych przeciążeń, może nastąpić przeniesienie przez układ zdecydowanie większego momentu niż kalkulowany dla mocy znamionowej i zadanej ilości obrotów silnika, stanowiącego jego napęd. Jeżeli sprzęgło nie pracuje tylko jako element przeciążeniowy, należy w szczególności rozważyć dodatkowy moment rozruchowy. W takim przypadku napęd należy łączyć powoli lub rozmiar sprzęgła powinien być tak dobrany, by zawsze charakteryzował się większym momentem niż maksymalny moment generowany przez jednostkę napędową (silnik). W przypadku rozłączenia sprzęgła magnetycznego nie zachodzą w nim żadne zmiany magnetyczne, jednakże, celem ponownej synchronizacji, należy unieruchomić obie części sprzęgła a następnie przeprowadzić rozruch.





Rys. 5. Budowa sprzęgła tarczowego.



Rys. 6. Budowa sprzęgła pierścieniowego.

Magnesy trwałe i temperatura

Zakres pracy sprzęgieł magnetycznych na bazie magnesów z materiału OXIT zawiera się w granicach pomiędzy -30°C a $+100^{\circ}\text{C}$. Fluktuacje temperatury powodują nieznaczne zmiany w charakterystyce transmisyjnej sprzęgła, pozwalając zaobserwować zwiększenie bądź zmniejszenie przenoszonego momentu. Zależność ta ma charakter liniowy i w przybliżeniu wynosi $4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1} \approx 4\%/10^{\circ}\text{C}$.

Materiał magnetyczny SECOLIT charakteryzuje się zakresem pracy w granicach od -190°C do $+250^{\circ}\text{C}$ ze średnią wartością współczynnika termicznej korekcji przenoszonego momentu wynoszącą $0,8\%/10^{\circ}\text{C}$. W temperaturze pokojowej sprzęgła osiągają swoje znamionowe parametry robocze. Zmiany termiczne związane z wielkością przenoszonego momentu są całkowicie odwracalne w

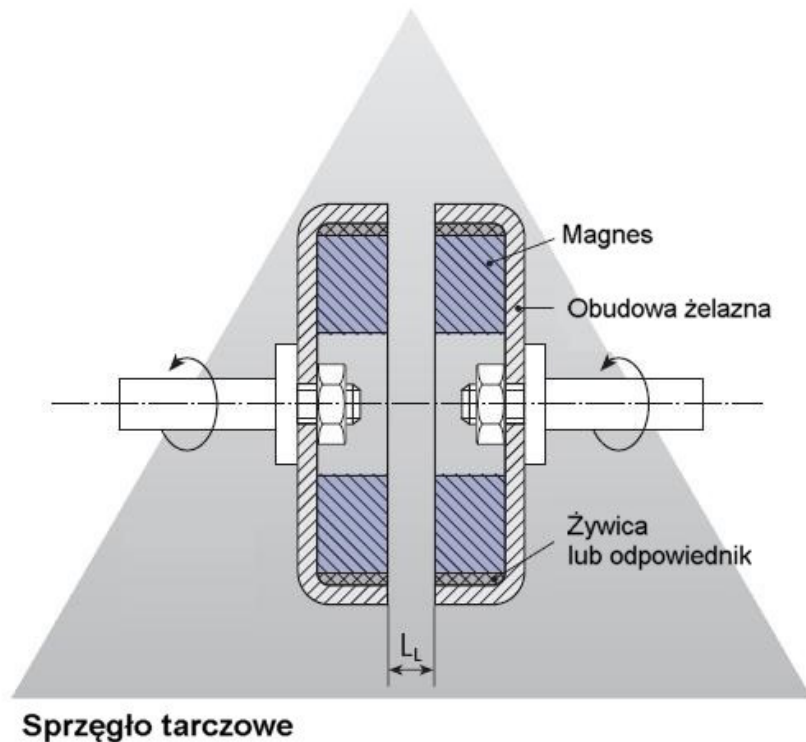
zdefiniowanych granicach temperaturowych pracy elementu. W przypadku, gdy istnieje konieczność zastosowania sprzęgła magnetycznego w granicach temperatury przekraczających wartość $+250^{\circ}\text{C}$, jesteśmy w stanie dostarczyć sprzęgło na bazie materiału OERSTIT, którego górna granica temperaturowego zakresu pracy wynosi $+400^{\circ}\text{C}$.

Zastosowanie i montaż

dodatkowych informacji nigdy za wiele

Sprzęgła tarczowe

Możliwości wykorzystania magnetycznych sprzęgieł tarczowych są właściwie podobne do odpowiadających im walorami użytkowymi sprzęgieł pierścieniowych, z tą jednak różnicą, że w tym przypadku separacja jest bardzo łatwa do zrealizowania ze względu na swój kształt, który jest równy, płaski i jednocześnie łatwy do montażu. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że sprzęgła tarczowe generują dodatkowo wysokie naprężenia osiowe, które należy skompensować odpowiednimi łożyskami czy elementami mocującymi. W przypadku, gdy przedmiotem dostaw są magnesy trwałe przewidziane do montażu w sprzęgłach magnetycznych, należy ze szczególną uwagą podejść do sposobu ich przechowywania i montażu. Aby uniknąć strat właściwości magnetycznych dostarczonych magnesów trwałych należy, przed zamontowaniem ich w obudowie sprzęgła, przechowywać magnesy osobno, z uwzględnieniem orientacji pola magnetycznego, najlepiej w sposób, w jaki zostały dostarczone. W przypadku, gdy przedmiotem dostaw są nienamagnesowane pierścienie magnetyczne przewidziane jako komponent bazowy do konstrukcji tarczowych sprzęgieł magnetycznych, należy je namagnesować po zamontowaniu w obudowie sprzęgła.



Warto również w tym miejscu uwzględnić ryzyko spadku wartości przenoszonego przez sprzęgło momentu (w granicach 5 – 10%) w stosunku do podanych w tabelach 1 – 2b wartości. Efekt ten może wystąpić w momencie zamontowania magnesów w żelaznej obudowie jak też pojawić się w wyniku bezpośredniego kontaktu między magnesami tworzącymi tarczę sprzęgła lub jako rezultat niedopasowania biegunowości. Opisane powyżej problemy i zjawiska są najczęściej spotykanymi w dziedzinie

konstrukcji sprzęgieł tarczowych. Nasze zalecenia i instrukcje mają charakter informacyjny, głównie w odniesieniu do samego materiału magnetycznego. W żadnym wypadku nie zwalniają one użytkownika od przestrzegania standardów i zaleceń specyficznych dla procesu produkcyjnego danego typu sprzęgieł magnetycznych, które to standardy często są indywidualnie dobrane dla danego procesu produkcyjnego. W przypadku pytań lub wątpliwości zawsze chętnie służymy Państwu pomocą.

Tabela 1. Sprzęgła tarczowe na bazie magnesów OXIT 360 oraz SECOLIT.

Nr handlowy artykułu	Wartość momentu w Ncm* dla określonej szczeliny powietrznej L _L w mm				Siła osiowa napędu w N dla określonej szczeliny powietrznej L _L w mm				Wymiary magnesów			Wymiary magnesów i obudowy żelaznej		Otwory w obudowie
	1	3	5	10	1	3	5	10	Zewnętrzny Ø mm	Wewnętrzny Ø mm	Wys. mm	Zewnętrzny Ø mm	Wysokość mm	
106 070	10	7	5	2	13	8	5	2	41 ± 0,6	24 ± 0,6	8	50 ± 0,2	9,5 ± 0,15	–
106 071	35	23	17	7	50	30	18	5	53 ± 0,7	23 ± 0,5	8	63 ± 0,2	10 ± 0,15	–
106 072	80	60	44	24	64	39	26	10	68 ± 1,5	32 ± 0,7	10	80 ± 0,25	13 ± 0,2	–
106 073	175	125	100	45	172	113	80	25	84 ± 4,0	32 ± 1,0	12	100 ± 0,25	16 ± 0,2	–
106 074	285	240	190	105	210	142	110	54	100 ± 2,0	50 ± 1,0	15	125 ± 0,25	20 ± 0,2	–
106 075	780	635	480	260	330	216	180	95	124 ± 3,0	56 ± 3,0	18	150 ± 0,3	24 ± 0,2	–
106 076	950	800	600	380	440	310	257	135	140 ± 2,0	70 ± 1,0	21	165 ± 0,3	27 ± 0,2	–
130 806 ¹⁾	1670	1400	1050	660	778	545	453	242	180	80	20	195	26	32
131 744 ¹⁾	2500	2100	1600	1000	1182	827	688	367	214 ± 2,0	68 ± 1,0	20,5	235	27 ± 0,3	–
126 320 ²⁾	500	360	260	120	340	210	135	55	85 ± 1,0	32	10	100 ± 0,25	13 ± 0,2	32
120 854 ²⁾	2800	2200	1600	800	1020	657	427	196	140	60 ± 0,3	10	150 ± 0,3	16 ± 0,2	25 ± 0,15

*) 1 Ncm = 100 cmp, = 0.00738 ft lbs

1) Typ specjalny na bazie materiału OXIT

Typy specjalne są dostępne tylko na zamówienie

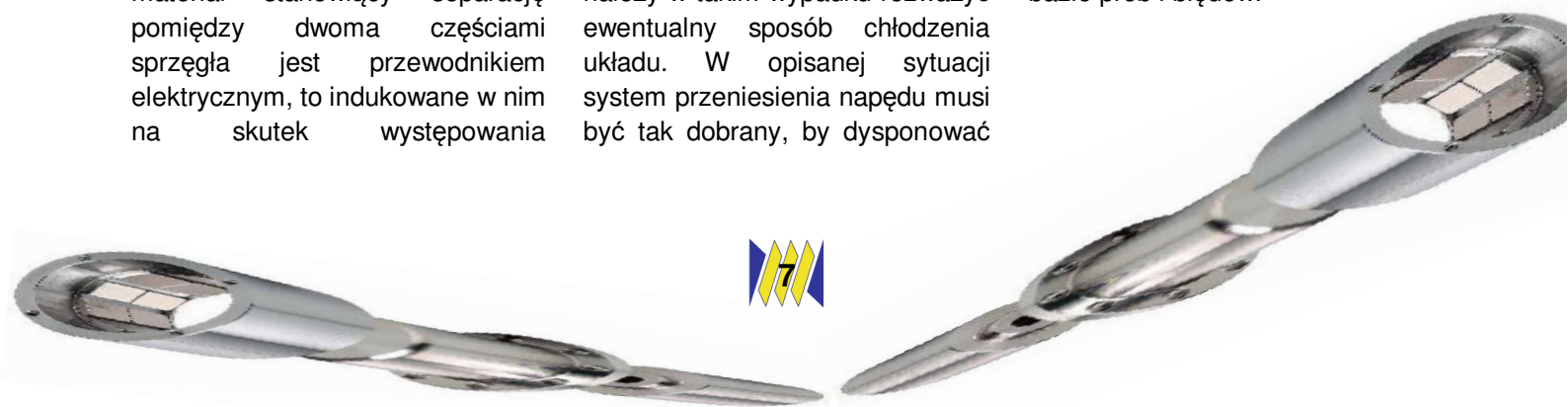
2) Typ specjalny na bazie materiału SECOLIT

Sprzęgła pierścieniowe na bazie materiału SECOLIT

Pierścieniowe sprzęgła magnetyczne, realizowane na bazie magnesów trwałych zawierających w sobie pierwiastki ziem rzadkich (tu: SECOLIT), są szczególnie użyteczne wszędzie tam, gdzie konieczne jest przeniesienie energii obrotowej w układzie pozbawionym uszczelnień i łożysk, z jednoczesną eliminacją występowania naprężeń osiowych w układzie transmisyjnym. Warto w tym miejscu wspomnieć, że jeżeli materiał stanowiący separację pomiędzy dwoma częściami sprzęgła jest przewodnikiem elektrycznym, to indukowane w nim na skutek występowania

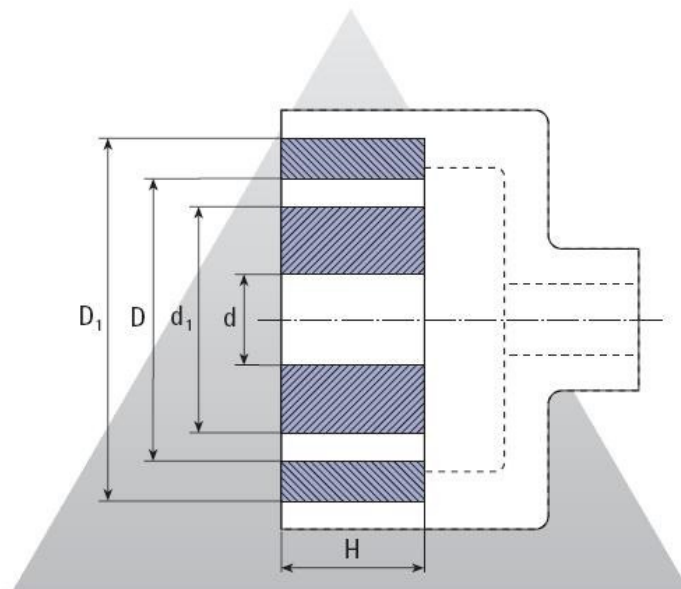
zmiennego pola magnetycznego prądy wirowe będą odpowiedzialne za straty energii, a tym samym, w zależności od ilości obrotów, będą prowadzić do zmniejszenia wartości momentu przenoszonego przez sprzęgło. Dodatkowo, występowanie w materiale separującym prądów wirowych generuje straty ciepłone, które powodują ogrzewanie powietrza w cylindrycznej szczelinie, stąd też należy w takim wypadku rozważyć ewentualny sposób chłodzenia układu. W opisanej sytuacji system przeniesienia napędu musi być tak dobrany, by dysponować

rezervą wartości momentu, która zrekompensuje szacowane straty energii (dotyczy to zarówno rezerwy na sprzęgło, jak i silnika). Do prawidłowego wyznaczenia potrzebnej wartości momentu konieczna jest dokładna wiedza odnośnie możliwości systemu przeniesienia napędu i jego charakterystyk obciążeniowych. Bardzo często się zdarza, że na tym etapie użytkownik dokonuje analizy parametrów systemu na bazie prób i błędów.



W przypadku, kiedy sprzęgło magnetyczne będzie wykorzystane jako system przeniesienia napędu w układach pompujących media agresywne chemicznie, konieczne jest zabezpieczenie jednej części sprzęgła odpowiednią powłoką chroniącą przed ich wpływem. Ze względów praktycznych prawie zawsze zabezpiecza się w ten sposób część wewnętrzną sprzęgła, używając do tego celu stali kwasoodpornej bądź tworzyw sztucznych.

Podniesienie temperatury materiału magnetycznego prowadzi do zmniejszenia gęstości generowanego prądu strumienia

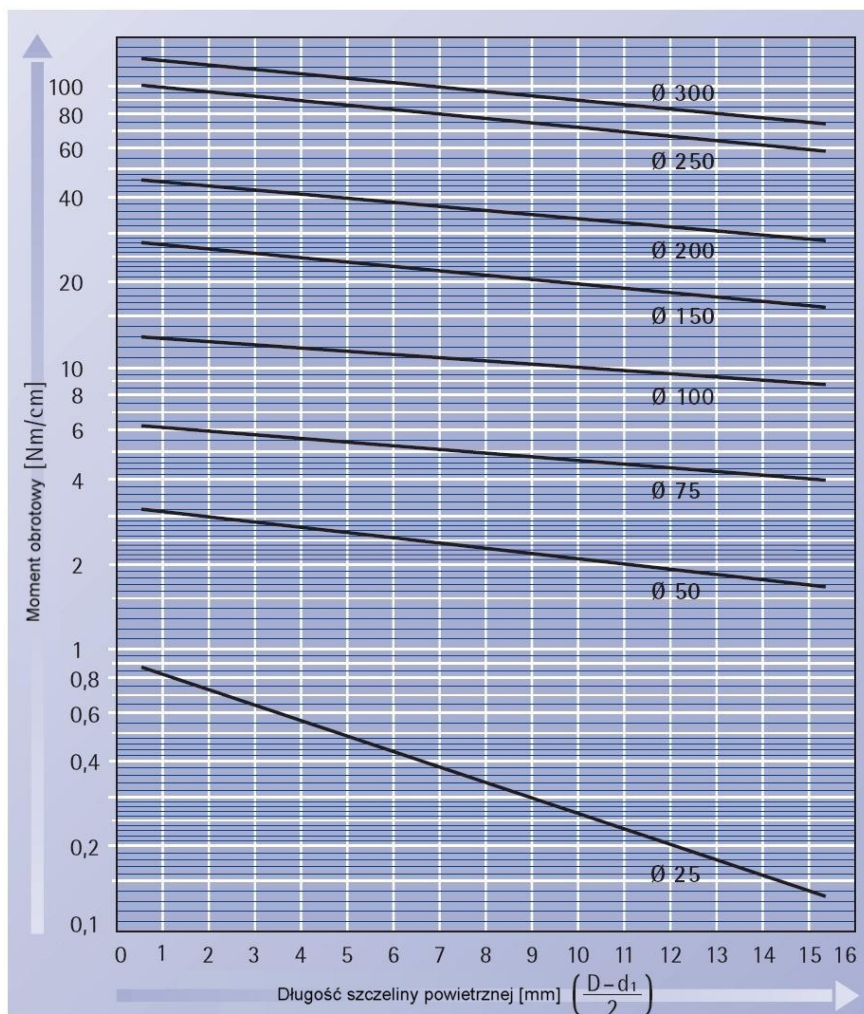


Rys. 7. Koncentryczne sprzęgło pierścieniowe na bazie materiału SECOLIT

magnetycznego, co w efekcie końcowym jest obserwowane

poprzez spadek maksymalnej wartości momentu przenoszonego przez sprzęgło. Zależność tą odzwierciedla współczynnik temperaturowy charakterystyczny dla każdego materiału magnetycznego.

Aby uzyskać jak najlepsze parametry robocze sprzęgła magnetycznego, należy je każdorazowo optymalizować, prowadząc w tym celu odpowiednie obliczenia i kalkulacje. Na rysunku 8 pokazano wyniki obliczeń przeprowadzonych metodami numerycznymi, dotyczących kilku różnych średnic zadanego, przykładowego sprzęgła. Prezentowane jako przykład dane są dla każdego użytkownika bazą wyjściową do dalszego doboru i poprawnej realizacji sprzęgła magnetycznego. Długość osiowa pierścienia tworzącego sprzęgło powinna być – o ile to tylko możliwe – co najmniej cztery razy większa od zakładanej wielkości szczeliny powietrznej. Jeżeli tylko silnie rozproszony strumień magnetyczny rośnie w kierunku przeciwnych biegunów, nie przekłada się to na wartość przenoszonego momentu.



Rys. 8. Zależność przenoszonej wartości momentu obrotowego od wielkości szczeliny powietrznej. Parametr: zewnętrzny wymiar wewnętrznej części sprzęgła (d_1). Pośrednie wymiary (d_1) są również możliwe, łącznie z elementem ochronnym.

Sprężła pierścieniowe na bazie materiału OXIT

Obszary zastosowania sprzęgieł magnetycznych, zrealizowanych na bazie ceramicznego kompozytu materiałowego jakim jest OXIT, to przede wszystkim wszelkiego rodzaju układy transmisyjne przenoszące moment obrotowy z części „mokrej” na „suchą” i odwrotnie. Gwarantując pełną szczelność układu transmisyjnego, sprzęgła tego rodzaju są często stosowane w licznikach / przepływomierzach różnego rodzaju cieczy i gazów. Dzięki temu, że układy tego typu charakteryzują się dużą sztywnością, istnieje możliwość przenoszenia bardzo małych wartości momentu z odizolowanej (szczelnej) części układu do

urządzenia pomiarowego czy licznika. Najczęściej można spotkać sprzęgła pierścieniowe na bazie OXIT'u w próżniowych pompach bezobsługowych oraz w różnego rodzaju kompresorach.

Większość rodzajów omawianych sprzęgieł potrzebuje elementu separacyjnego (rury, kształtki rurowej, garnczkowej), izolującego część wewnętrzną sprzęgła od zewnętrznej, wykonanego z materiału niemagnetycznego. Dodatkowo, celem eliminacji powstawania prądów wirowych, materiał ten nie powinien jednocześnie przewodzić prądu elektrycznego (np. plastik). W przypadku, gdy element

separujący będzie dodatkowo narażony na występowanie dużych różnic ciśnień, można go wykonać na bazie stali chromowo-niklowej, która oprócz prawdziwie bardzo dobrych parametrów mechanicznych cechuje się dużą rezystancją elektryczną (np. stal AISI 304 / 1.4301). Do systemów wysokoobrotowych zaleca się także zastosowanie dodatkowych, odpowiednio wydajnych układów chłodzących, celem zmniejszenia możliwego spadku wartości przenoszonego momentu od temperatury. W przypadku braku takich możliwości należy odpowiednio dobrać rezerwę mocy układu napędowego (silnika).

Tabela 2a. Sprzęgła pierścieniowe na bazie materiału OXIT 100 / szczelina powietrzna ≤ 3 mm.

Nr handlowy artykułu	Moment obrotowy Ncm ^{*)}	Magnes wewnętrzny			Zewnętrzny magnes			Szczelina powietrzna L _L mm	Grubość ścianki obudowy żelaznej mm
		Średnica zewnętrzna mm	Średnica wewnętrzna mm	Wysokość mm	Średnica zewnętrzna mm	Średnica wewnętrzna mm	Wysokość mm		
106 131	1	9 - 0.05	5 ± 0.3	14.5 ± 0.2	19 + 0.021 + 0.008	13 ± 0.05	14.5 ± 0.2	2	> 2
106 133	5	17 - 0.05	8 ± 0.3	15 ± 0.2	35 + 0.025 + 0.009	21 ± 0.05	15 ± 0.2	2	> 3
106 134	13	28.1 - 0.1	14 ± 0.4	18 ± 0.2	46 + 0.025 + 0.009	32.9 ± 0.1	18 ± 0.2	2.4	> 3
106 136	25	34.5 - 0.1	14 ± 0.4	18 ± 0.2	54 + 0.030 + 0.011	38.7 ± 0.1	18 ± 0.2	2.1	> 3
106 138	55	44.5 - 0.1	31 ± 0.6	30 ± 0.2	71 + 0.030 + 0.011	49.5 ± 0.1	30 ± 0.2	2.5	> 4
106 139	100	55 - 0.2	22 ± 0.6	30 ± 0.2	85 + 0.035 + 0.013	60 ± 0.1	30 ± 0.2	2.5	> 4
106 140	150	80 - 0.2	25 ± 1.0	30 ± 0.2	105 + 0.035 + 0.013	86 ± 0.1	30 ± 0.2	3	> 5

^{*)} 1 Ncm $\equiv$ 100 cmp, $\equiv$ 0.00738 ft lbs

Tabela 2b. Sprzęgła pierścieniowe na bazie materiału OXIT 100 / szczelina powietrzna $\geq 3\text{mm}$.

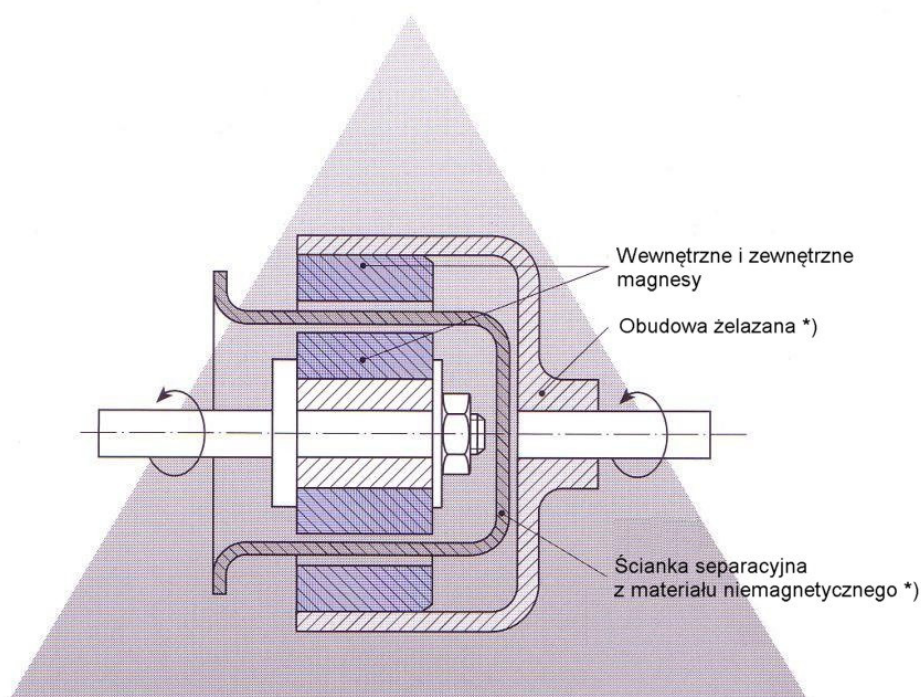
Nr handlowy artykułu	Moment obrotowy Ncm ^{*)}	Magnes wewnętrzny			Magnes zewnętrzny			Szczelina powietrzna L _L mm	Grubość ścianki obudowy żelaznej mm
		Średnica zewnętrzna mm	Średnica wewnętrzna mm	Wysokość mm	Średnica zewnętrzna mm	Średnica wewnętrzna mm	Wysokość mm		
106 265	10	28.1 - 0.1	14 ± 0.4	18 ± 0.2	54 +0.030 + 0.011	38.7 ± 0.1	18 ± 0.2	5.3	> 3
106 266	12	29.4 - 0.1	14 ± 0.4	18 ± 0.2	54 +0.030 + 0.011	38.7 ± 0.1	18 ± 0.2	4.65	> 3
106 261	13	29.4 - 0.1	14 ± 0.4	30 ± 0.2	71 +0.030 + 0.011	49.5 ± 0.1	30 ± 0.2	10.05	> 4
106 264	25	34.5 - 0.1	14 ± 0.4	30 ± 0.2	71 +0.030 + 0.011	49.5 ± 0.1	30 ± 0.2	7.5	> 4
106 262	26	44.5 - 0.1	31 ± 0.6	30 ± 0.2	85 +0.035 + 0.013	60 ± 0.1	30 ± 0.2	7.75	> 4
106 260	28	55.0 - 0.2	22 ± 0.6	30 ± 0.2	105 +0.035 + 0.013	86 ± 0.1	30 ± 0.2	15.5	> 5
106 263	75	71.0 +0.035 + 0.011	49.5 ± 0.1	30 ± 0.2	105 +0.035 + 0.013	86 ± 0.1	30 ± 0.2	7.5	> 5

^{*)} 1 Ncm $\approx$ 100 cmp, $\approx$ 0.00738 ft lbs

Jeżeli sprzęgło magnetyczne jest zrealizowane na bazie materiału OXIT 100 bez obudowy żelaznej, podane w tabelach wartości przenoszonego momentu oraz sztywność sprzęgła są zmniejszone o około 10%. Materiał magnetyczny, jakim jest OXIT, jest odporny na działanie większości często spotykanych, agresywnych środków chemicznych.

W specjalnych wykonaniach dopuszczalne jest wykonanie obudowy z niemagnetycznej stali chromowo-niklowej lub plastiku. Wartość przenoszonego momentu może być w takiej sytuacji zwiększona w sposób liniowy poprzez odpowiednie dołożenie pojedynczych magnesów lub systemów magnetycznych, jednakże po przeprowadzeniu

wzmocnienia tego rodzaju, należy cały układ namagnetyzować.



Koncentryczne sprzęgło pierścieniowe

^{*)} poza programem produkcyjnym

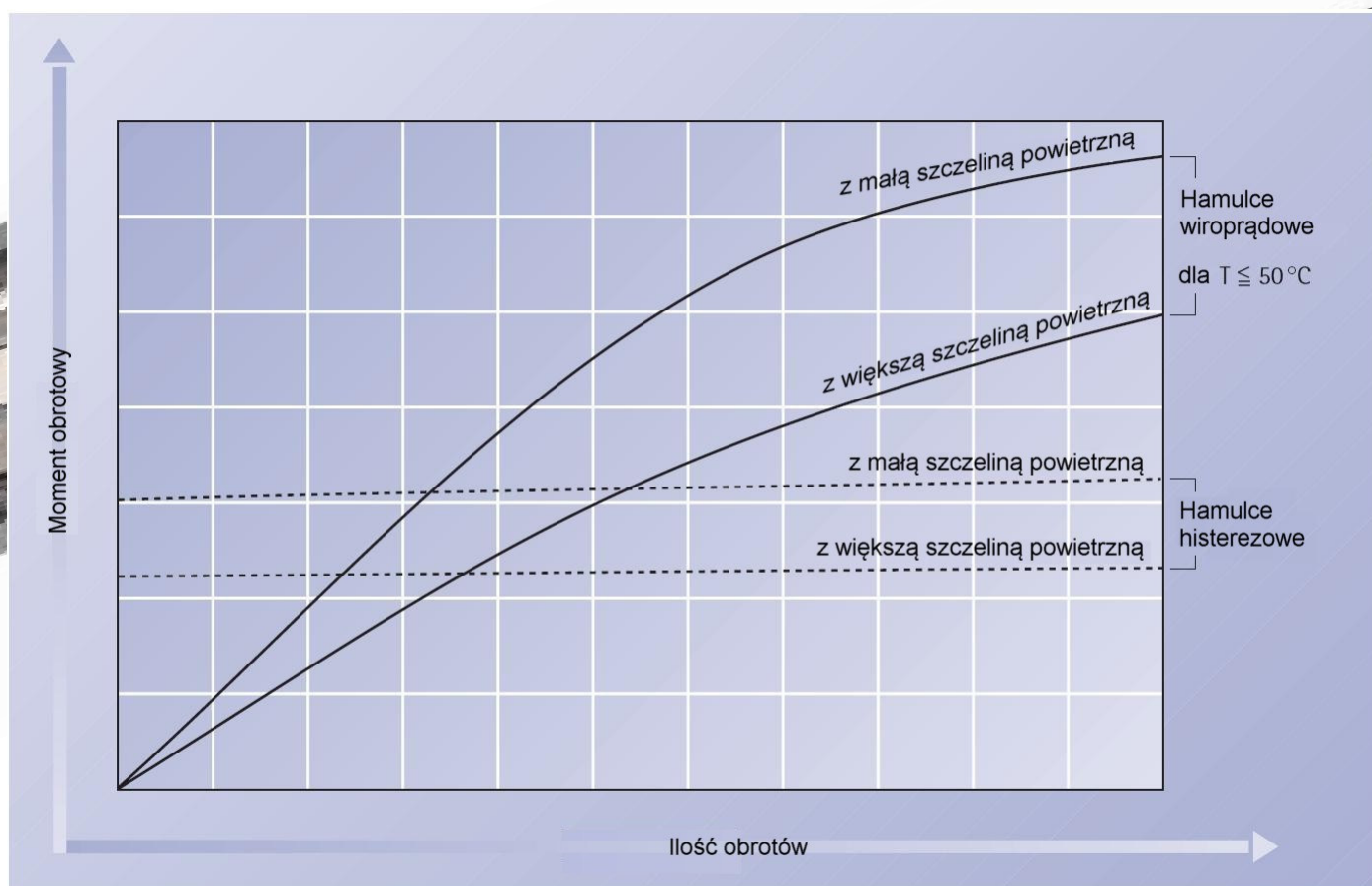
Zaciski i hamulce histerezyowe

Zastosowanie chwytaków i hamulców histerezyowych jest szczególnie odpowiednie w układach, gdzie bardzo istotne jest zapewnienie stałej wartości przenoszonego momentu w szerokim zakresie obrotów. W produkowanych przez TRIDELTA Magnetsysteme zaciskach i hamulcach histerezyowych wykorzystuje się materiały magnetycznie twarde, z czego jedna część komponentu jest wykonana na bazie materiału histerezyowego, który jest specjalnie nienamagnesowany (np. OERSTIT 70), druga natomiast z namagnesowanego materiału magnetycznego (np. OXIT 360). W zależności od

pożądaney skuteczności hamulca magnetycznego, czy innymi słowy – wartości przenoszonego momentu, która ma być stała, stosuje się odpowiednie kombinacje materiałów do wykonania danego komponentu.

Wartość przenoszonego momentu lub wartość momentu zadziałania układu histerezyowego jest w dużej mierze niezależna od względnej prędkości obrotowej i może być utrzymana nawet przy jej bardzo małej wartości. Na rysunku 9 pokazano zależność (linia przerywana) wartości przenoszonego momentu od prędkości obrotowej dla dwóch różnych wykonń hamulca

histerezyowego (odpowiednio z małą i dużą szczeliną powietrzną). Charakterystyka ta pokazuje, że przy dużym wzroście obrotów odnotowuje się w obydwu przypadkach tylko nieznaczny wzrost wartości przenoszonego momentu. Dla porównania, linią ciągłą wykreślono analogiczne charakterystyki dla hamulca wiropądowego (również dla dwóch wykonń, odpowiednio z małą i dużą szczeliną powietrzną), gdzie istnieje ogromna zależność pomiędzy przenoszoną wartością momentu a prędkością obrotową, wynikająca z nałożenia się momentu generowanego



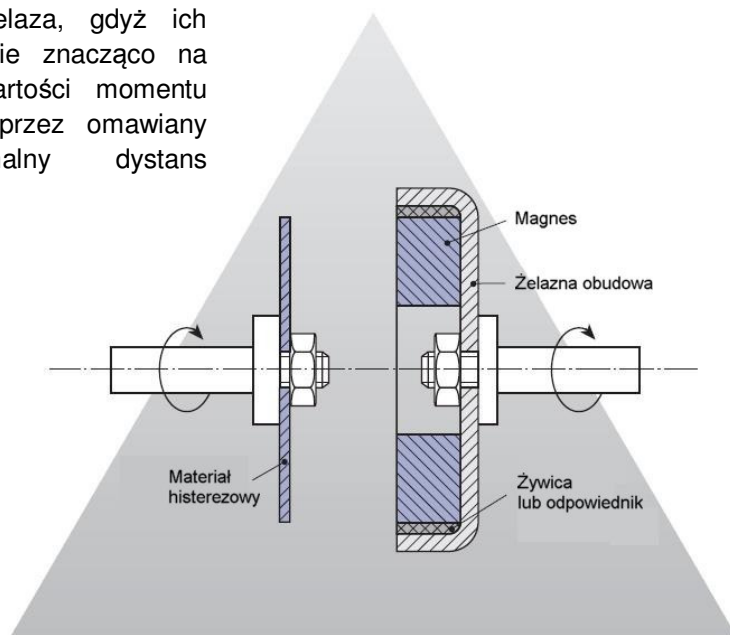
Rys. 9. Zależność momentu obrotowego od ilości obrotów w hamulcach histerezyowych i wiropądowych.

Maksymalna temperatura pracy dysku histerezyowego wykonanego na bazie materiału OERSTIT 70 nie powinna przekraczać +100°C. Jej przekroczenie spowoduje wystąpienie nieodwracalnych zmian w strukturze materiału histerezyowego.

W razie wystąpienia takiej konieczności, można w niewielkich granicach korygować wartość przenoszonego momentu poprzez zmianę położenia osiowego jednego z elementów hamulca. Mówiąc wprost, zwiększenie lub zmniejszenie szczeliny powietrznej pomiędzy dwoma częściami hamulca prowadzi do wzmocnienia lub osłabienia strumienia magnetycznego a tym samym do zmiany wartości przenoszonego

przez hamulec momentu. Bardzo ważne jest, aby w sąsiedztwie dysku z materiału histerezyowego nie znajdowały się elementy wykonane z żelaza, gdyż ich obecność wpłynie znacząco na zmniejszenie wartości momentu przenoszonego przez omawiany układ. Minimalny dystans

pomiędzy dyskiem histerezyowym a elementami wykonanymi na bazie żelaza powinien wynosić 15 mm.



Zacisk / hamulec histerezyowy

Tabela 3. Zaciski i hamulce histerezyowe na bazie materiałów OXIT 360, SECOLIT oraz OERSTIT.

Nr handlowy zamówienia	Moment obrotowy w Ncm*) ze szczeliną powietrzną L _z w mm			Wymiary magnesu			Wymiary magnesu i obudowy żelaznej		Otwory w obudowie żelaznej Ø mm	Wymiary dysku histerezyowego		
	1,0	1,5	2,0	Zewnętrzny Ø mm	Wewnętrzny Ø mm	Wys. mm	Zewnętrzny Ø mm	Wysokość mm		Zewnętrzny Ø mm	Wewnętrzny Ø mm	Wysokość 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
129 638 ¹⁾	172	130	100	117	42,2	10	117	12,5	40	114	45,0	3,5
123 190 ¹⁾	200	190	177	180	80	20	195	28 ± 0,2	32 + 0,05	185 ± 0,3	45,0 ± 0,1	4 – 0,2
106 542 ¹⁾	270	240	220	212 ± 2,0	68 ± 1,0	20,5	235	27 ± 0,3	6	215 ± 0,2	6,0 ± 0,2	4
123 191 ²⁾	63	53	44	85 ± 1,0	32	10	100 ± 0,25	13 ± 0,2	32	114	45,0	3,5 ± 0,15
128 478 ²⁾	400	270	110	140	60	10	150 ± 0,3	16 ± 0,2	25+ 0,05	143 ± 0,1	25,0	14,5
124 498 ²⁾	650	625	600	140	60	9	165 ± 0,3	14,5 ± 0,3	–	150	–	23,5

*) 1 Ncm = 100 cmp, = 0.00738 ft lbs

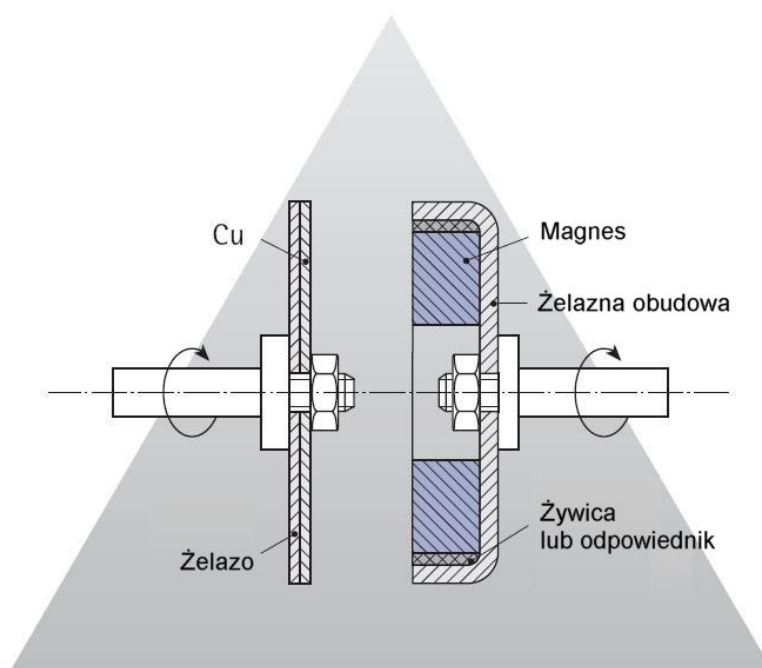
1) Typ specjalny z materiału OXIT

2) Typ specjalny z materiału SECOLIT

Typy specjalne dostępne tylko na zamówienie

Zaciski i hamulce wiroprowadowe

W odróżnieniu od dotychczas opisanych sprzęgieł i hamulców, wartość przenoszonego momentu w zaciskach i hamulcach wiroprowadowych silnie zależy od względnej prędkości obrotowej mierzonej między elementami widzianymi od strony napędowej i napędzanej. Przenoszona wartość momentu rośnie wraz ze wzrostem liczby obrotów. Na rysunku 9 pokazano gradient wartości przenoszonego przez zacisk lub hamulec wiroprowadowy momentu dla dwóch różnych wykonania elementu (analogicznie jak we wcześniej omawianym przypadku: z małą i dużą szczeliną powietrzną).



Zacisk / hamulec wiroprowadowy

Realizacja zacisku lub hamulca wiroprowadowego w praktyce wiąże się z wykonaniem dwóch różnych elementów, z czego jeden jest wyposażony w pierścienie lub segmenty wykonane z magnesu trwałego (np. OXIT 360), montowane obwodowo i namagnesowane w ten sposób, by zagwarantować wielobiegunowość na obwodzie tak skonstruowanego pierścienia magnetycznego. Drugi element jest wykonany w formie tarczy miedzianej, o grubości 2 – 5 mm, która ze względów magnetycznych posiada z tyłu dodatkową tarczę z żelaza o grubości 2 – 6 mm.

W tabeli 4 scharakteryzowano kilka wykonania zacisków / hamulców wiroprowadowych. Przedstawione w niej wartości przenoszonego momentu odpowiadają trzem różnym ilościom obrotów przy zdefiniowanej wielkości szczeliny powietrznej pomiędzy elementami zacisku / hamulca. Wartości zestawione w tabeli były mierzone w temperaturze pokojowej przy wykorzystaniu odpowiedniego

systemu chłodzącego dysk miedziany. W przypadku zacisków / hamulców wiroprowadowych współczynnik temperaturowy elementu miedzianego jest analizowany razem ze współczynnikiem temperaturowym charakterystycznym dla wykorzystywanego magnesu trwałego.

Można powiedzieć, że zaciski i hamulce wiroprowadowe grzeją się wraz ze wzrostem liczby obrotów. Większa liczba obrotów powoduje większą częstotliwość zmian pola magnetycznego a tym samym zwiększenie natężenia prądów wirowych. Wzrost temperatury układu powoduje drastyczny spadek osiągniętej wartości przenoszonego momentu, także w temperaturze pokojowej. Jeżeli układ zacisku / hamulca wiroprowadowego nie jest wyposażony w system chłodzący, to przy obrotach rzędu 1000 obr./min. temperatura dysku miedzianego może z łatwością osiągnąć poziom +200°C, redukując tym samym wartość

przenoszonego momentu o około 50%. Co więcej, osiągnięcie tak wysokiej temperatury przez układ spowoduje nieodwracalne straty magnetyczne, które są do naprawienia jedynie drogą ponownego namagnesowania takiego układu. Utrzymanie temperatury pracy zacisku / hamulca wiroprowadowego na poziomie niższym bądź równym +50°C wiąże się z ryzykiem utraty wartości przenoszonego momentu o około 10%.

Warto zaznaczyć, że w pewnym, określonym przedziale obrotów, zaciski / hamulce wiroprowadowe wykazują pewną proporcjonalną bądź stałą zależność pomiędzy wartością przenoszonego momentu a ilością obrotów. Ta właśnie zależność sprawia, że elementy te są wyjątkowo odpowiednie do zastosowania w maszynach nawijających, gdzie zagwarantowanie stałej prędkości i naprężeń jest kluczowe z punktu widzenia działania takiego układu.

Tabela 4. Hamulce wirowoprądowe na bazie materiału OXIT 360, SECOLIT oraz dysków Cu/Fe.

Nr handlowy artykułu	Moment obrotowy w Ncm*) przy szczelinie powietrznej L _L w mm			Ilość obrotów	Wymiary magnesu			Wymiary magnesu i żelaznej obudowy		Otwory w obudowie	Tarcza wirowprądowa			
					Zewnętrzny	Wewnętrzny	Wysok.	Zewnętrzny	Wysokość		Śr. zewn.	Śr. wewn.	Grubość Cu	Grubość Fe
	0,5	1,0	2,0	1/min.	Ø mm	Ø mm	mm	Ø mm	mm	Ø mm	Ø mm	mm	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 ± 0,25	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										
123 192 ¹⁾	1030	870	670	500	180	80	20	195	28 ± 0,2	32 + 0,05	195	45,0	3	4
	1300	1150	870	750										
	1400	1200	900	1000										
120 406 ¹⁾	2300	2220	1800	500	214 ± 2,0	68 ± 1,0	21	235	27 ± 0,3	–	230	55,0	4	5
	2500	2300	1900	750										
	2600	2400	2000	1000										
123 193 ²⁾	135	110	75	500	85 ± 1,0	32	10	100 ± 0,25	13 ± 0,2	32	100	10,5	3	4
	180	150	105	750										
	200	175	125	1000										
123 194 ²⁾	1300	1100	650	500	140	60	10	150 ± 0,3	16 ± 0,2	25 + 0,05	150	25,0	4	6
	1500	1300	850	750										
	1600	1400	950	1000										

*) 1 Ncm ≅ 100 cmp, ≅ 0.00738 ft lbs

1) Typ specjalny na bazie materiału OXIT

2) Typ specjalny na bazie materiału SECOLIT

Typy specjalne dostępne tylko na zamówienie

Pomoc techniczna i dostawa wzorów

Jesteśmy w stanie dostarczyć Państwu gotowe do montażu sprzęgła i hamulce magnetyczne jak również zainstalować magnesy trwałe w przesłanych do nas obudowach oraz dokonać magnesowania układów i komponentów magnetycznych. Ze względu na istnienie wielu metod osadzania magnesów trwałych w obudowach koncentrycznych sprzęgieł pierścieniowych, zależnych od materiału obudowy, jej kształtu, wymiarów i ilości pierścieni magnetycznych, bardzo prosimy o załączenie rysunku technicznego w przypadku przesłania do nas zapytania ofertowego, co umożliwi nam dobranie optymalnej techniki montażowej.

Zewnętrzna średnica pierścieni magnetycznych spełnia standardy ISO m6, pozwalając na

dopasowanie przez docisk. Parametry dotyczące wykonania elementów niemagnetycznych, grubości ścianek obudowy, elementów montażowych odpowiadają standardom dotyczącym obróbki elementów wykonanych na bazie stali niskowęglowej, np. St 17. W przypadku koncentrycznych sprzęgieł magnetycznych, wały są realizowane techniką odlewu i stanowią integralną część komponentów wewnętrznych sprzęgła. Jeżeli jest to możliwe, każdy nowy projekt, dotyczący sprzęgieł lub hamulców magnetycznych, powinien być w fazie początkowej przedyskutowany z nami celem uniknięcia niezadowolenia i kosztów związanych z błędami konstrukcyjno-projektowymi.

Jesteśmy zawsze do Państwa dyspozycji w zakresie doradztwa technicznego i partnerstwa w realizacji różnych komponentów i systemów magnetycznych.

Produkcja seryjna każdego zacisku / hamulca magnetycznego jest zazwyczaj poprzedzona budową i badaniami odpowiedniego prototypu. Hamulce / zaciski próbne, zarówno histerezyowe jak i wiropędowe, koniecznie powinny być poddane odpowiednim testom przed uruchomieniem większej produkcji, przede wszystkim z uwagi na fakt zmian wartości przenoszonego momentu na skutek grzania.

Magnesy trwałe występujące w sprzęgłach, zaciskach i hamulcach magnetycznych są montowane za pomocą specjalnych klejów oraz żywic. W przypadku, gdy konieczne jest zapewnienie odporności chemicznej i termicznej komponentu, jesteśmy w stanie dostarczyć materiały specjalnie zabezpieczone bądź odporne na środki chemiczne oraz wytrzymujące duże różnice temperatur. Aby zabezpieczyć zacisk / hamulec magnetyczny w jego obudowie, istnieje możliwość wywiercenia otworów nie głębszych jednak niż wewnętrzny wymiar użytych magnesów. Przeciwwaga jest także możliwa do realizacji poprzez nawiercenie otworów na obwodzie zewnętrznym.

W przypadku prawidłowego doboru i wykonania zacisku / hamulca magnetycznego oraz zapewnienia temperatury pracy nie przekraczającej $+100^{\circ}\text{C}$, straty w wartości przenoszonego momentu będą pomijalnie małe.



Produkcja seryjna

Bardzo często pojawia się zapotrzebowanie na serię sprzęgieł bądź hamulców magnetycznych charakteryzujących się określonymi parametrami wykraczającymi poza opisane w niniejszej broszurze. W takim przypadku prosimy przyjąć, w zależności od sytuacji i możliwości, jeden z poniższych schematów postępowania:

- Klient dysponuje magnesami trwałymi i chce na ich bazie skonstruować sprzęgło/hamulec magnetyczny: prosimy przysłać do nas komponenty mające się składać na przekładnię, a my wykonamy obudowy, osadzimy magnesy i dokonamy ich namagnesowania (w przypadku dostarczenia materiału magnetycznego nienamagnesowanego),

- Klient dysponuje obudowami i chce na ich bazie skonstruować sprzęgło / hamulec magnetyczny: prosimy przysłać do nas komponenty, a my osadzimy magnesy, dokonamy ich namagnesowania i zoptymalizujemy parametry względem określonych wymagań,
- Klient potrzebuje wykorzystać sprzęgło / hamulec magnetyczny i dysponuje technicznym rysunkiem koncepcyjnym i założeniami wstępnymi: prosimy przesłać do nas rysunek i dane techniczne celem wykonania prototypu urządzenia.

W przypadku produkcji seryjnej zaleca się uprzednie dostarczenie, uzgodnionej w odpowiednim dziale konstrukcyjnym, dokumentacji technicznej uwzględniającej warunki eksploatacji komponentów. Dokumentacja techniczna powinna także zawierać pożądane parametry i właściwości magnetyczne, mechaniczne i chemiczne produktu oraz warunki i terminy dostaw. Firma TRIDELTA gwarantuje, że wyroby produkowane według przesłanej dokumentacji cechują się parametrami i właściwościami w niej wyspecyfikowanymi, natomiast nie ponosi odpowiedzialności za błędy i przeoczenia zawarte w przedmiotowej dokumentacji, które mogą rzutować na parametry eksploatacyjne wytworzonych na jej bazie komponentów.



TRIDELTA – nowoczesność z tradycjami

firma, której nazwa rzeczywiście przyciąga

Doradztwo techniczne

Firma Tridelta Magnetsysteme, bazując na swoim wieloletnim doświadczeniu, może być dla Państwa kompetentnym doradcą w sprawach:

- używania, produkcji i obróbki różnych materiałów,
- wyboru optymalnego materiału magnetycznego, spełniającego wszystkie wymagania danej aplikacji i będącego jednocześnie najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem,
- określenia parametrów obwodu magnetycznego; jeżeli okaże się to niezbędne, jesteśmy w stanie dokonać odpowiednich kalkulacji,
- magnetyzacji, stabilizacji i kalibracji systemów magnetycznych,
- jakości i stabilności parametrów magnetycznych zgodnie ze specyfikacją Klienta.

Nasze doświadczenie pozwala twierdzić, że im wcześniej rozpoczniemy naszą współpracę, tym bardziej efektywnie będziemy mogli Państwu asystować w doborze najlepszego technicznie i ekonomicznie rozwiązania danego problemu.



Zapewnienie jakości i warunków dostawy

Zapewnienie i utrzymanie najwyższych możliwych standardów w zakresie jakości wyrobów i terminów ich dostawy należą od początku do priorytetów organizacyjnych firmy. Posiadanie przez firmę Tridelta certyfikatu DIN ISO 9001 jest symbolem odniesionego na tym polu sukcesu.

Wszechstronne pomiary i kontrola wyrobu na każdym etapie produkcyjnym pozwalają na

zapewnienie pożądanego przez Klienta poziomu jakości. Surowce, mimo, że są sprowadzane z akredytowanych źródeł, również są poddawane wnikliwej kontroli. Każdy gotowy produkt przechodzi próby związane z określeniem jego właściwości magnetycznych i elektrycznych w odniesieniu do specyfikacji Klienta. Są to standardy, na które stać tylko najlepszych.

Z bogatej praktyki wiemy, że niezbędne jest dokładne określenie wymagań dotyczących produktu oraz precyzyjna charakterystyka całej aplikacji, zarówno pod kątem mechanicznym, jak i funkcjonalnym. W przypadku indywidualnego zapotrzebowania na komponenty magnetyczne, konieczne jest także dostarczenie dokumentacji technicznej.



Tridelta Magnetsysteme

Przedsiębiorstwo Grupy Tridelta

Grupa TRIDELTA: zakres działalności

Magnesy NdFeB (NEOLIT [®])	
Magnesy SmCo (SECOLIT [®])	
Magnesy AlNiCo (OERSTIT [®])	
Ferromagnetyki twarde (OXIT [®] /MANIPERM [®])	
Ferromagnetyki miękkie (MANIFER [®])	
	Proszki magnetyczne / Proszki ferrytowe
	Pigmenty
Komponenty, Półfabrykaty	
Systemy magnetyczne	
Technika magnetyczna i procesowa	
	Ograniczniki nad napięciowe
Narzędzia i wyposażenie	
Szkolenia i rozwój	
	Przepuszczalne spieki porowate (SIPERM [®])

Tridelta Magnetsysteme GmbH

Ostkirchstrasse 177
D-44287 Dortmund
Niemcy
Tel.: +49 (231) 4501 0
Fax: +49 (231) 4501 396
E-mail: info@tridelta.de
<http://www.tridelta.de>

Kontakt w Polsce:

Wojciech Okraszewski
Home Office
Skr. poczt. 26
52-229 Wrocław 20
ul. Skibowa 5
Tel. kom.: +48 660 433 980
E-mail: wokraszewski@tridelta.pl
Internet: www.tridelta.pl

Niniejszy dokument ma charakter poglądowy i zawiera opis, właściwości oraz obszary zastosowań opisanych materiałów. Wszelkie dane techniczne odnośnie opisanych materiałów, a zwłaszcza ich stosowności, wymagają pisemnego potwierdzenia.

Wszystkie dane i informacje zawarte w niniejszej publikacji zostały przebadane i sprawdzone.

Jednakże firma nie ponosi odpowiedzialności za ewentualne błędy lub przeoczenia.

Zastrzegamy sobie prawo do wprowadzania zmian i modyfikacji w związku z rozwojem produktu.

Niniejsza broszura dezaktualizuje wszystkie poprzednie publikacje w omawianym zakresie.