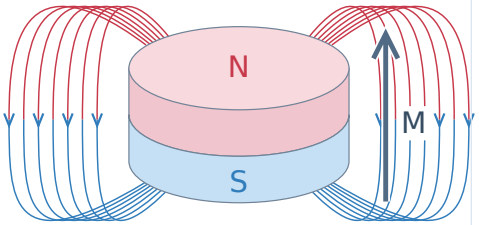
Dhit sp. z o.o.
Kościuszki 6A
05-850 Ożarów Mazowiecki, Polska
tel. +48 888 99 98 98
bok@dhit.pl
https://dhit.pl

Raport obliczeń magnesu

MW 15x2 / N38
Wygenerowano: 23.11.2026 04:03:30
Otwórz interaktywny kalkulator z tą konfiguracją →

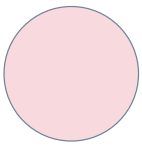
Zeskanuj, aby otworzyć interaktywny kalkulator z dokładnie tymi parametrami

Widok 3D

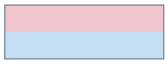


D 15 / H 2 mm

Widok z góry



Widok z boku



H 2 mm

Czerwony: N | Niebieski: S | M: magnesowanie S → N
Pole na zewnątrz: N → S. Podział kolorów jest umowny.
Rysunek nie w skali; linie pola schematyczne, nie są symulacją.

Kształt:	walcowy
Wymiary:	ø15,0 × 2,0 mm
Gatunek:	**N38**
Br:	12.2-12.6 kGs
Hcb:	860-915 kA/m
BHmax:	287-303 kJ/m³
Temperatura:	**≤ 80 °C**

Dane katalogowe

MW 15x2 zestaw 480 szt. / N38 - magnes neodymowy walcowy

Nr katalogowy	**010565**	Siła oderwania	**1,52 kg**
GTIN / EAN	**5906301815570**	Indukcja	**159,70 mT / 1 597 Gs**
Wymiary	**ø15,0 × 2,0 mm**	Powłoka	**[NiCuNi] nikiel**
Waga	**2,65 g**	Gatunek	**N38**
Kierunek magnesowania	**osiowy**		

(wartość katalogowa; wynik modelu: 1,51 kg)

https://dhit.pl/produkt/magnes-neodymowy-walcowy-15x2-zestaw-480-szt--n38-osiowy

Wynik obliczeń

1,51 kg	**1 597** Gs	**2,65** g	**0,202** Pc
SIŁA ODERWANIA	INDUKCJA POWIERZCHNIOWA	MASA MAGNESU	WSP. PERMEANCJI
wartość modelu: 1,5149 kg			

Widełki wynikające z tolerancji materiału: 1,47 – 1,56 kg

Spis treści

1.	Dane katalogowe	17.	Ile magnesów potrzebuję?
2.	Wynik obliczeń	18.	Kierunek obciążenia a realny udźwig
3.	Metodologia i walidacja modelu	19.	Porównanie gatunków
4.	Siła i indukcja w funkcji odległości	20.	Dwa magnesy — przyciąganie i odpychanie
5.	Siła ścinająca (poślizg)	21.	Stos magnesów
6.	Wpływ grubości blachy	22.	Parametry dodatkowe
7.	Krzywa demagnetyzacji i punkt pracy	23.	Wskaźniki inżynierskie
8.	Spadek siły w funkcji temperatury	24.	Krzywa spadku temperaturowego
9.	Rozszerzona analiza temperaturowa	25.	Krzywa wpływu grubości blachy
10.	Analiza wrażliwości i tolerancji	26.	Starzenie i stabilność długoterminowa
11.	Porównanie metod obliczeniowych	27.	Zalecane współczynniki bezpieczeństwa
12.	Progi pola na osi — nie strefy bezpieczeństwa	28.	Jak używać tych danych w praktyce
13.	Strumień magnetyczny	29.	Źródła danych materiałowych
14.	Dynamika przyciągania	30.	Powtarzalność produkcji
15.	Siła w funkcji kąta obciążenia	31.	Warunki odniesienia
16.	Typowe scenariusze montażu	32.	Powłoki: dobór i ograniczenia

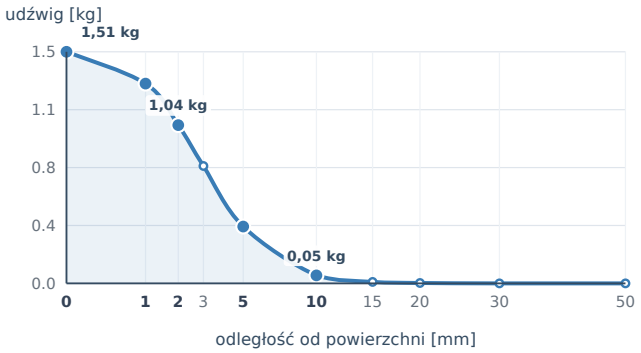
Kluczowe wnioski dla konstruktora

1. Siła 1,51 kg dotyczy wyłącznie warunków idealnych: gruba, czysta stal, pełny styk, 20 °C.

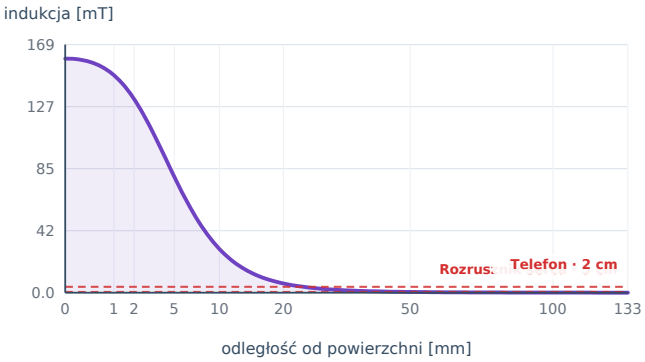
2. Dla poglądowego współczynnika tarcia μ=0,30 model ścinania daje około 30% siły oderwania. Rzeczywiste tarcie trzeba sprawdzić na docelowym podłożu.

3. Płaski magnes trzymany w powietrzu traci margines bezpieczeństwa termicznego znacznie wcześniej niż przyklejony do stali.

4. Zawsze stosuj współczynnik bezpieczeństwa z tabeli — minimum ×2,0 przy montażu warsztatowym.



Siła w funkcji odległości



Mapa pola magnetycznego B(z)

Wartości dotyczą indukcji na osi, w powietrzu, bez obecności stali. Oś pozioma jest zagęszczona blisko powierzchni, dzięki czemu na jednym rysunku widać i stromy spadek przy magnesie, i zasięg pola resztkowego. Poziome linie odniesienia to progi ważne ze względów bezpieczeństwa.

Metodologia i walidacja modelu

Wyniki w tym raporcie nie pochodzą z symulacji polowej metodą elementów skończonych (FEM) ani z tabeli wartości katalogowych. Wszystko liczy zamknięty model analityczny — pole na osi z potencjału jednorodnie namagnesowanej bryły, siłę oderwania z naprężenia Maxwella na styku magnes–stal. Cała ścieżka obliczeń jest opisana poniżej, więc każdy wynik można sprawdzić na kartce.

Równania modelu

Pole walca na osi; z liczone od powierzchni

$$B_c(R,H,z) = \frac{B_r}{2}\left[\frac{H+z}{\sqrt{R^2+(H+z)^2}} - \frac{z}{\sqrt{R^2+z^2}}\right]$$

Siła odrywania w modelu; F w N, B w T, A w m²

$$F = k_{cal}\,\frac{B_{load}^{\,2} A}{2\mu_0}$$

Indukcja przy obciążeniu; ograniczenie do 0,98 Br

$$B_{load} = \min\left[\, B_z(z_0)\cdot s_f \,;\, 0.98\,B_r \,\right]$$

Empiryczny współczynnik skupienia strumienia

$$s_f = 1 + 1.6\, e^{-1.2\lambda}$$

Parametr geometrii i punkt oceny pola

$$\lambda = \frac{H}{D};\ z_0 = 0.01\ \text{mm};\ k_{cal} = 1.4837$$

Równoważna masa obciążenia, nie masa magnesu

$$m_{eq} = \frac{F}{g};\ g = 9.80665\ \text{m/s}^2$$

Współczynnik permeancji — przybliżenie geometrii

$$P_c = \frac{1.7\,k}{1+0.9\,k};\ k = \frac{H}{D_e}$$

Średnica zastępcza dla permeancji

$$D_e = D$$

Stałe i parametry wejściowe modelu

Symbol	Znaczenie	Wartość
Br	Remanencja gatunku, środek widełek	**12,40 kGs (1,240 T)**
Hcb	Koercja indukcji, katalogowa	**860-915 kA/m**
Hcj	Koercja wewnętrzna, minimum gwarantowane	**≥ 955 kA/m**
μrec	Przenikalność powrotna	**1,05**
k_cal	Stała kalibracyjna modelu	**1,4837**
Pc	Współczynnik permeancji tej geometrii	**0,202**
sf	Współczynnik skupienia strumienia	**2,363**
A	Powierzchnia bieguna	**1,77 cm²**
ρ	Gęstość spieku NdFeB	**7,50 g/cm³**

W całym raporcie współczynnik permeancji podajemy z trzema miejscami po przecinku. W obliczeniach używana jest wartość pełna, dlatego przeliczenie z liczby zaokrąglonej może różnić się na ostatniej cyfrze.

Kalibracja i dokładność odwzorowania

W całym modelu dopasowywany jest wyłącznie jeden parametr, k_cal; poza nim nie ma żadnych współczynników korygujących. Wartość wyznaczyła regresja najmniejszych kwadratów na danych katalogu DHIT. Zbiór kalibracyjny wybrano z katalogu magnesów surowych opisanego poniżej; pełną listę pozycji trzyma wewnętrzna dokumentacja dopasowania.

Źródłem zbioru kalibracyjnego jest katalog magnesów surowych obejmujący trzy geometrie: walce, płytki i pierścienie. Wymiary charakterystyczne rozciągają się od pojedynczych milimetrów do około 200 mm, a gatunki od N35 do N52 wraz z odmianami o podwyższonej koercji (H, SH, AH). Współczynnik permeancji przyjmuje w katalogu wartości od mniej więcej 0,10 do 1,6, mediana wypada koło 0,42, a około jedna dziesiąta pozycji schodzi poniżej 0,2 — to obszar brył wyraźnie płaskich. Dopasowanie przeprowadzono na wszystkich trzech geometriach naraz, jedną wspólną stałą; model nie różnicuje współczynnika między walcem, płytką i pierścieniem.

Po kalibracji rozbieżności układają się skośnie — mediana 0,09%, dziewiąty decyl 0,45%, maksimum 1,9%. Praktycznie oznacza to, że dla przeważającej większości pozycji model trafia w wartość katalogową z dokładnością lepszą niż pół procenta, a przypadki rzędu dwóch procent są pojedyncze i dotyczą krańców zakresu wymiarowego. Należy jednak wiedzieć, co te liczby opisują — zgodność z bazą dopasowania, nie niepewność pomiarową rzeczywistego egzemplarza. Faktyczny rozrzut wyrobu jest szerszy — decyduje o nim tolerancja materiałowa i jakość styku, ujęte w osobnych tabelach wrażliwości.

Poprawka kompensuje głównie strumień uciekający bokiem, którego udział w strumieniu całkowitym rośnie wraz ze spłaszczeniem bryły. Przy niskim Pc poprawka ma największe znaczenie i to w tym obszarze model nieskalibrowany zawodziłby najmocniej. Ta klasa magnesów jest w bazie kalibracyjnej obecna, zatem omawiany wymiar mieści się w zakresie objętym dopasowaniem, a nie poza nim.

Założenia przyjęte w obliczeniach

1. Materiał jest namagnesowany jednorodnie w całej objętości, a wektor magnetyzacji jest równoległy do osi podanej jako kierunek magnesowania.
2. Przyjęto płytę stalową płaską, czystą i odtłuszczoną, o grubości od progu pełnego wykorzystania strumienia w górę (patrz tabela grubości), pracującą poza nasyceniem.
3. Zakładamy styk na całej powierzchni, ze szczeliną równą wyłącznie grubości powłoki.
4. Siłę przykłada się prostopadle do powierzchni styku, powoli, bez uderzenia i bez składowej skręcającej.
5. Magnes i stal mają 20 °C, a przenikalność powrotna przyjmuje wartość μrec = 1,05.
6. W obliczeniach użyto remanencji ze środka widełek katalogowych gatunku; wpływ skrajnych wartości pokazuje osobna tabela porównania metod.
7. Poza opisaną płytą w polu nie występują inne źródła magnetyczne ani elementy ferromagnetyczne.

Ograniczenia modelu

1. Model wyznacza pole tylko na osi symetrii. Na krawędzi bieguna rozkład indukcji jest odmienny — magnes przy skraju blachy traci mniej więcej 45% siły; ujmuje to osobny parametr, nie równanie pola.
2. Bryły o bardzo niskim Pc (poniżej mniej więcej 0,2, czyli wyraźnie płaskie) mają punkt pracy blisko kolana krzywej odmagnesowania. Charakterystykę przyjęto jako liniową; w 20 °C to prawda, ale po podgrzaniu założenie upada i realna strata potrafi przekroczyć obliczoną. Przy takich kształtach raport trzeba czytać łącznie z sekcją analizy temperaturowej.
3. Model dotyczy magnesowania osiowego; przy magnesowaniu diametralnym i promieniowym bieguny są w innym miejscu, więc raport nie powstaje.
4. Układy o zamkniętym obwodzie, czyli uchwyty w obudowie stalowej, separatory, belki i chwytaki, mają odmienną topologię strumienia. Podane tu wartości dla uchwytów opierają się na współczynniku wzmocnienia i są przybliżeniem, nie rozwiązaniem obwodu magnetycznego.
5. Poza modelem pozostają histereza, prądy wirowe i zjawiska dynamiczne przy szybkim odrywaniu. Siła oderwania przy udarze bywa wyższa od statycznej.
6. Obliczenia nie obejmują odchyłek płaskości i równoległości, a to właśnie one najczęściej odpowiadają w warsztacie za wynik niższy od policzonego.

Siła i indukcja w funkcji odległości

Odległość	Gauss	mT	kg	lbs	N	Udział siły
0 mm	1 597	159,7	**1,51**	3,34	14,9	100%
1 mm	1 483	148,3	**1,31**	2,88	12,8	86%
2 mm	1 320	132,0	**1,04**	2,28	10,2	68%
3 mm	1 137	113,7	**0,77**	1,69	7,5	51%
5 mm	791	79,1	**0,37**	0,82	3,6	25%
10 mm	298	29,8	**0,05**	0,12	0,5	3%
15 mm	127	12,7	**0,01**	0,02	0,1	1%
20 mm	63	6,3	**0,00**	0,01	0,0	0%
30 mm	22	2,2	**0,00**	0,00	0,0	0%
50 mm	5	0,5	**0,00**	0,00	0,0	0%

Siła ścinająca (poślizg)

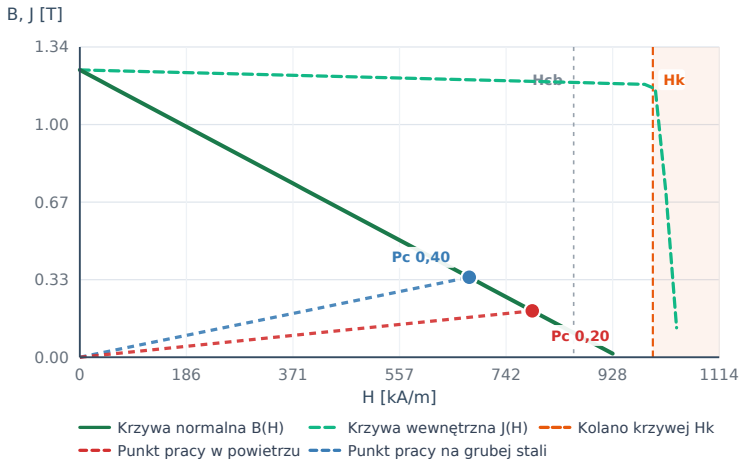
Powierzchnia	Tarcie	kg	N
Stal surowa	0,30	**0,45**	4,5
Stal lakierowana	0,20	**0,30**	3,0
Powierzchnia zaolejona	0,10	**0,15**	1,5
Powłoka gumowa	0,50	**0,76**	7,4

Wpływ grubości blachy

Grubość	Wykorzystanie	Siła
0,5 mm	10%	**0,15 kg**
1,0 mm	25%	**0,38 kg**
2,0 mm	50%	**0,76 kg**
3,0 mm	75%	**1,14 kg**
5,0 mm	100%	**1,51 kg**
8,0 mm	100%	**1,51 kg**
10,0 mm	100%	**1,51 kg**
12,0 mm	100%	**1,51 kg**

Krzywa demagnetyzacji i punkt pracy

B(H) to indukcja wypadkowa wewnątrz magnesu, J(H) to wyłącznie polaryzacja materiału. Punkt pracy leży na przecięciu krzywej normalnej z prostą obciążenia o nachyleniu równym współczynnikowi permeancji: B = μ0 · Pc · H. Niższe położenie punktu oznacza pracę bliżej kolana J(H) i większe ryzyko trwałej utraty strumienia.



Stan pracy	Pc	Bd [T]	Hd [kA/m]
Punkt pracy w powietrzu	**0,202**	**0,200**	788
Punkt pracy na grubej stali	**0,405**	**0,345**	678

	Zapas do kolana Hk/Hd	Ryzyko trwałej utraty
Punkt pracy w powietrzu	**1,27**	niskie
Punkt pracy na grubej stali	**1,47**	brak

Hk = 998 kA/m · Hcj 955–1 051 kA/m · Hcb 940 kA/m

Przyłożony do grubej płyty stalowej magnes domyka obwód magnetyczny, przez co współczynnik permeancji z grubsza się podwaja. Punkt pracy idzie w górę krzywej: indukcja w magnesie rośnie i zapas do kolana staje się wyraźnie większy. To jest fizyczny powód, dla którego magnesy płaskie należy przechowywać przyklejone do stali lub w parach zwróconych przeciwnymi biegunami, a nie luzem.

Niski współczynnik permeancji sprawia, że w powietrzu magnes pracuje blisko kolana krzywej. W temperaturze pokojowej jest to bezpieczne, ale zapas jest niewielki: podgrzanie, praca w pobliżu innego magnesu zwróconego tym samym biegunem albo zewnętrzne pole przeciwne mogą trwale odebrać część strumienia. Utrata jest nieodwracalna — po ostygnięciu siła nie wraca, a przywrócenie pełnej mocy wymaga ponownego namagnesowania w magneśnicy.

Spadek siły w funkcji temperatury

Temperatura	Strata	Siła	%
20 °C	0,0%	**1,51 kg**	100%
40 °C	-4,4%	**1,45 kg**	96%
60 °C	-8,6%	**1,38 kg**	91%
80 °C	**-12,8%**	**1,32 kg**	87%
100 °C	**-16,8%**	**1,26 kg**	83%

Tabela podstawowa pokazuje wyłącznie odwracalną zmianę siły proporcjonalną do kwadratu Br. Analiza rozszerzona dodaje scenariusz strat nieodwracalnych — nie jest zwalidowaną podstawą do dopuszczenia pracy. Powyżej katalogowego Tmax nie należy eksploatować magnesu na podstawie tych obliczeń.

Rozszerzona analiza temperaturowa

Temperatura zabiera siłę dwoma mechanizmami, które trzeba od siebie odróżnić. Strata odwracalna to spadek remanencji o 0,11% na kelwin — po ostygnięciu znika bez śladu. Strata nieodwracalna pojawia się dopiero wtedy, gdy punkt pracy zejdzie poniżej kolana krzywej J(H) — i już nie wraca. Koercja wewnętrzna spada z temperaturą ponad pięciokrotnie szybciej niż remanencja, więc o granicy bezpiecznej pracy przesądza kształt magnesu, a nie deklarowana temperatura gatunku.

Temperatura	Strata odwracalna	Zapas do kolana Hk/Hd	Strata nieodwracalna	Siła w temperaturze	Siła po ostygnięciu	Ryzyko trwałej utraty
20 °C	0,0%	1,27	0,0%	**1,51 kg**	**1,51 kg**	niskie
40 °C	-2,2%	1,14	0,0%	**1,45 kg**	**1,51 kg**	umiarkowane
60 °C	-4,4%	1,01	0,0%	**1,38 kg**	**1,51 kg**	umiarkowane
80 °C	-6,6%	**0,87**	**-21,8%**	**0,81 kg**	**0,93 kg**	**wysokie**
100 °C !	-8,8%	**0,72**	**-39,5%**	**0,46 kg**	**0,55 kg**	**wysokie**

Najważniejsza dla trwałości jest kolumna „siła po ostygnięciu": pokazuje, co zostanie na zawsze po jednym epizodzie przegrzania. Wartości nieodwracalne są oszacowaniem modelowym opartym na położeniu punktu pracy względem kolana krzywej, a nie wynikiem badania wytrzymałości termicznej. Faktyczna strata jest funkcją czasu wygrzewania i rzeczywistej koercji danej partii spieku.

Konsekwencja praktyczna jest taka, że płaski magnes w powietrzu traci margines o wiele wcześniej niż przyklejony do stali. Gdy aplikacja pracuje w podwyższonej temperaturze, taniej niż zmiana gatunku wypada domknięcie obwodu magnetycznego lub pogrubienie magnesu.

Analiza wrażliwości i tolerancji

Siła oderwania w tym raporcie odnosi się do wymiarów nominalnych i warunków odniesienia. Niżej zebrano wpływ czynników, które występują zawsze — tolerancji szlifowania, grubości powłoki, stanu powierzchni i gatunku stali.

Wpływ tolerancji wymiarowej ±0,1 mm

Wymiar	Zmiana siły	Zmiana indukcji	Siła w granicach tolerancji
Średnica ⌀	-0,21% … +0,21%	-0,62% … +0,63%	**1,51 – 1,52 kg**
Wysokość / grubość H	-8,31% … +8,50%	-4,69% … +4,64%	**1,39 – 1,64 kg**
Wszystkie wymiary skrajnie	-8,50% … +8,74%	-4,09% … +4,00%	**1,39 – 1,65 kg**

Tolerancja wykonawcza magnesów spiekanych NdFeB po szlifowaniu wynosi standardowo ±0,1 mm. Płynie z tego niesymetryczny wniosek: przy kształtach płaskich siłę ustawia niemal wyłącznie wysokość, która decyduje o Pc, a zmiana średnicy nie daje nic — przyrost powierzchni bieguna równoważy spadek indukcji. Przy krytycznym wymaganiu na siłę opłaca się zacieśnić tolerancję wysokości, a średnicę zostawić.

Wpływ powłoki i stanu powierzchni

Warunki styku	Zastępcza szczelina	Siła	%
Styk idealny, magnes bez powłoki	0,000 mm	**1,51 kg**	100,0%
Powłoka NiCuNi 15–25 µm	0,025 mm	**1,51 kg**	99,8%
Powłoka + chropowatość blachy walcowanej	0,050 mm	**1,51 kg**	99,6%
Film olejowy lub konserwacyjny	0,060 mm	**1,51 kg**	99,5%
Lakier proszkowy 60–80 µm	0,100 mm	**1,50 kg**	99,0%
Gruba powłoka malarska lub cynk natryskowy	0,200 mm	**1,48 kg**	97,9%
Nalot i łuszcząca się rdza	0,400 mm	**1,44 kg**	95,4%
Zgorzelina, gruba korozja	0,800 mm	**1,36 kg**	89,5%

Wpływ gatunku stali podłoża

Materiał podłoża	Współczynnik	Siła
Stal magnetycznie miękka (ARMCO, DT4)	1,03	**1,56 kg**
S235 / St3 — odniesienie modelu	1,00	**1,51 kg**
S355	0,99	**1,50 kg**
Stal węglowa C45	0,96	**1,45 kg**
Nierdzewna ferrytyczna 430	0,85	**1,29 kg**
Żeliwo szare	0,75	**1,14 kg**
Nierdzewna austenityczna 304 / 316	0,00	**0,00 kg**

Wszystkie stany powierzchni sprowadzono do wspólnej miary — zastępczej szczeliny powietrznej. Wynik zaskakuje: magnes o niskim Pc prawie nie reaguje na cienką szczelinę, bo jego punkt pracy ustala własne odmagnesowanie, a nie reluktancja szczeliny. Ten sam lakier na magnesie smukłym, o wysokim Pc, kosztuje kilkanaście procent siły. Dlatego tabela jest liczona dla tej konkretnej geometrii, a nie przepisywana z tabeli ogólnej. Ważna uwaga — powyższe liczby obejmują tylko efekt samej szczeliny. Rdza, zgorzelina i gruby lakier mają też drugi mechanizm: psują płaskość i redukują styk pełnopowierzchniowy do kilku punktów podparcia. Ten drugi efekt jest zwykle znacznie kosztowniejszy od samej szczeliny i nie da się go wyliczyć z geometrii; na skorodowanej blasze realny udźwig potrafi spaść o połowę i więcej.

Przy dostatecznie grubej, nienasyconej płycie gatunek stali ma małe znaczenie: o reluktancji obwodu decyduje odmagnesowanie magnesu, a nie przenikalność podłoża. Dopiero żeliwo i stal ferrytyczna dają odczuwalną różnicę — ich niższa indukcja nasycenia ogranicza strumień. Austenit 304 i 316 jest paramagnetyczny — magnes do niego nie przywrze w ogóle. Wartości współczynników traktuj jako orientacyjne.

Porównanie metod obliczeniowych

Jedna geometria, kilka metod — i wyniki rozbiegają się kilkunastokrotnie. Nie jest to spór o fizykę, tylko o przyjęte założenia. Poniższa tabela pokazuje cały rozrzut, żeby było jasne, skąd bierze się wartość publikowana przez dhit i dlaczego bywa niższa od podawanych gdzie indziej.

Metoda obliczeniowa	Kluczowe założenie	Siła	Względem dhit
Maxwell na pełnej remanencji	Opiera się na założeniu, że indukcja w szczelinie jest równa Br. To górne ograniczenie termodynamiczne, którego nie da się osiągnąć.	11,02 kg	×7,28
Model zwierciadlany obwodu	Przyjmuje dwukrotne Pc, a siłę liczy z indukcji w punkcie pracy. Nie uwzględnia strumienia rozproszonego z pobocznicy, przez co zaniża wynik.	0,85 kg	×0,56
Model analityczny bez kalibracji	Ten sam tor obliczeniowy co dhit, ale bez stałej k_cal. Pokazuje, ile wnosi sama kalibracja.	1,02 kg	×0,67
Model dhit — wartość publikowana	Kalibrowany na katalogu, warunki odniesienia: S235, styk pełnopowierzchniowy, 20 °C.	**1,51 kg**	×1,00
Model dhit przy górnej granicy Br	Metoda bez zmian, tylko remanencja wzięta z górnej granicy widełek zamiast ze środka.	1,56 kg	×1,03
Ten sam wymiar w wyższym gatunku (N42)	Częsta przyczyna rozbieżności — katalogi zagraniczne domyślnie podają N42, nie N38.	1,68 kg	×1,11

Kalkulatory publikowane przez zagranicznych dostawców podają dla tej samej geometrii wartości zwykle o 60–80% wyższe. Różnica nie bierze się z błędu żadnej ze stron, tylko z sumy założeń: domyślnego gatunku N42 zamiast N38, remanencji przyjmowanej przy górnej granicy widełek, płyty docieranej zamiast walcowanej, zerowej szczeliny liczonej na magnesie bez powłoki oraz rozwiązania polowego, które oddaje strumień rozproszony korzystniej niż model analityczny. Każde z tych założeń z osobna jest obronne; razem dają liczbę, której w warsztacie nie da się powtórzyć.

Publikujemy świadomie dolny koniec tego przedziału. Iloraz wartości publikowanej i idealizowanej wynosi około 0,6, czyli dokładnie tyle, ile i tak zaleciłby współczynnik bezpieczeństwa. Liczba z tego raportu jest więc od razu bliższa temu, co konstruktor powinien wpisać do obliczeń.

Progi pola na osi — nie strefy bezpieczeństwa

	Gs	cm
Rozrusznik serca	< 5	**5,2**
Aparat słuchowy	< 10	**4,0**
Zegarek	< 20	**3,2**
Telefon	< 40	**2,4**
Karta płatnicza	< 400	**1,0**
Dysk HDD	< 600	**0,8**

Strumień magnetyczny

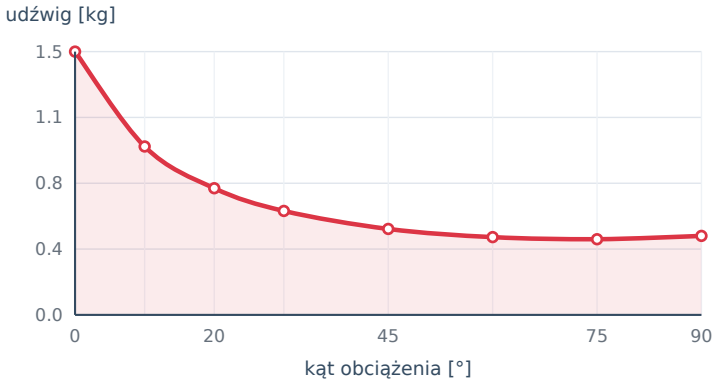
Φ	**3 541 Mx**
Φ (SI)	**35,4 µWb**
Bd	**2 004 Gs**
Pc	**0,202**
A	**1,77 cm²**
V	**0,35 cm³**

Dynamika przyciągania

Dystans startowy	Prędkość	km/h	Energia	Ryzyko
10 mm	6,33 m/s	22,8	**0,05 J**	Bezpieczne
30 mm	6,42 m/s	23,1	**0,05 J**	Bezpieczne
50 mm	6,42 m/s	23,1	**0,05 J**	Bezpieczne
100 mm	6,42 m/s	23,1	**0,05 J**	Bezpieczne

Prędkość, z jaką magnes dojdzie do stalowej płyty po wypuszczeniu z danej odległości. Od 5 J w górę zagrożenie zmiażdżenia palców jest jak najbardziej realne – trzymaj magnes z boku, nie na drodze jego ruchu.

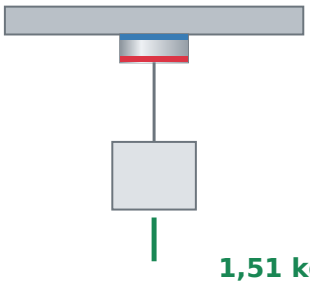
Siła w funkcji kąta obciążenia



Kąt	Udźwig	%
0°	**1,51 kg**	100%
10°	**0,97 kg**	64%
20°	**0,73 kg**	48%
30°	**0,60 kg**	39%
45°	**0,49 kg**	33%
60°	**0,45 kg**	30%
75°	**0,44 kg**	29%
90°	**0,45 kg**	30%

Wykres pokazuje, ile magnes realnie utrzyma w zależności od kierunku działania obciążenia. 0° to odrywanie prostopadle od powierzchni (wartość katalogowa), 90° to ciągnięcie wzdłuż blachy. Charakterystyka opada bardzo szybko — 30° kosztuje już połowę udźwigu.

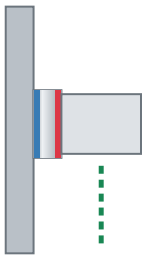
Typowe scenariusze montażu



1,51 kg

Sufit

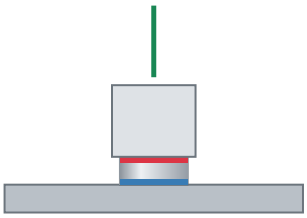
Ciężar zawieszony pionowo pod magnesem daje obciążenie prostopadłe i pełny udźwig.



0,45 kg

Ściana pionowa

Ładunek ciągnie magnes w dół wzdłuż blachy: pracuje samo tarcie, zostaje około 30% udźwigu.



1,51 kg

Podłoga / poziomo

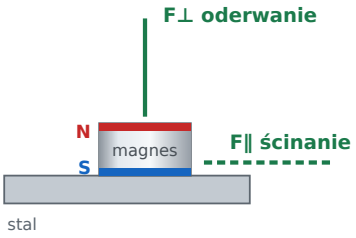
Na poziomej blasze przy obciążeniu skierowanym w górę magnes daje pełny udźwig prostopadły.

Ile magnesów potrzebuję?

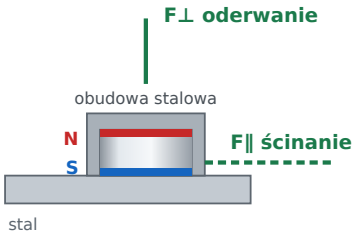
Masa do utrzymania	**10,0 kg**	Kierunek obciążenia	**prostopadle (odrywanie)**
Margines bezpieczeństwa	**2,0×**	Udźwig jednego magnesu	**1,51 kg**
Potrzebna liczba magnesów	**14**	Łączny udźwig zestawu	**21,21 kg (2,1×)**

Obliczenie uwzględnia kierunek działania obciążenia oraz przyjęty margines bezpieczeństwa. Do zastosowań, gdzie awaria mocowania jest groźna, stosuj margines co najmniej 3×.

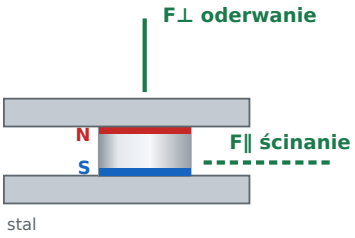
Kierunek obciążenia a realny udźwig



Magnes goły
magnes bez obudowy
F⊥ oderwanie: **1,51 kg**
F∥ ścinanie: **0,45 kg**



Uchwyt jednostronny
magnes w obudowie stalowej
F⊥ oderwanie: **4,00 kg**
F∥ ścinanie: **1,20 kg**



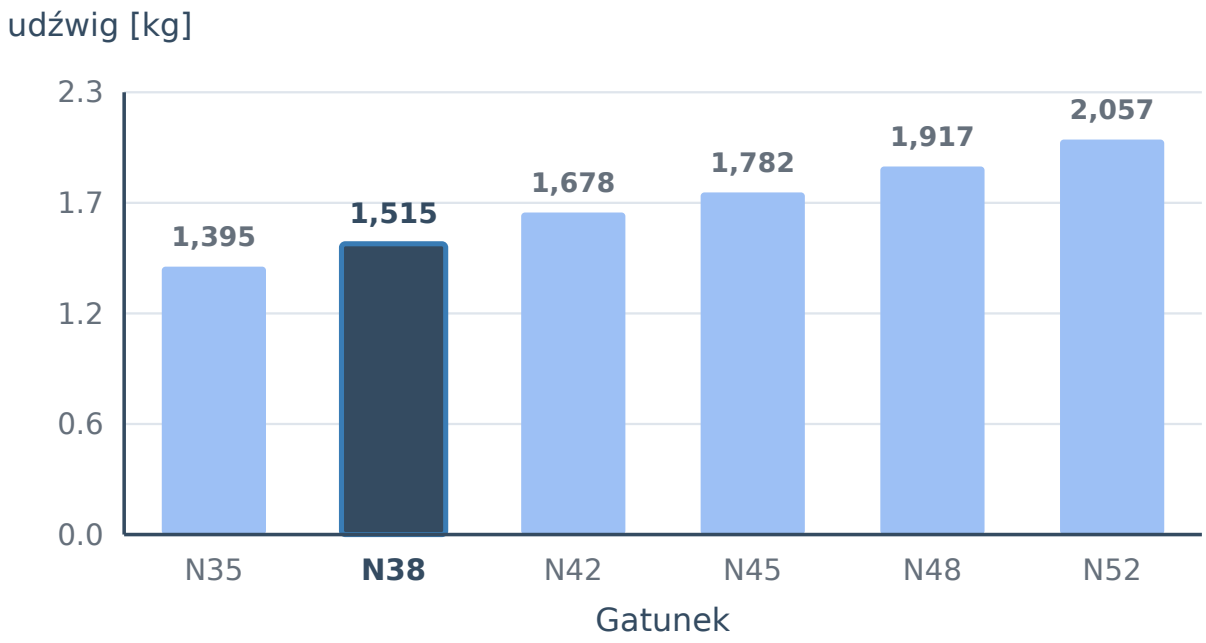
Uchwyt dwustronny
dwa magnesy, obudowa dzielona
F⊥ oderwanie: **3,60 kg**
F∥ ścinanie: **1,08 kg**

Wariant montażu	Siła prostopadła (oderwanie)	Siła równoległa (ścinanie)	Udział
Magnes goły	**1,51 kg**	**0,45 kg**	30%
Uchwyt jednostronny	**4,00 kg**	**1,20 kg**	30%
Uchwyt dwustronny	**3,60 kg**	**1,08 kg**	30%

Wartość katalogowa dotyczy siły prostopadłej, czyli odrywania magnesu na wprost. Siła równoległa, czyli ścinanie, pojawia się przy zsuwaniu magnesu po blasze i stanowi tylko ułamek tamtej. Wartości dla stali surowej, współczynnik tarcia 0,30.

Przy projektowaniu mocowania kierunek obciążenia jest pierwszą rzeczą do sprawdzenia. Przy udźwigu katalogowym 100 kg pionowo zawieszony ciężar to około 30 kg, licząc bez marginesu.

Porównanie gatunków



Ta sama bryła wykonana w kolejnych gatunkach NdFeB. Wyższy gatunek daje większy udźwig bez zmiany wymiarów.

Dwa magnesy — przyciąganie i odpychanie

Szczelina	Przyciąganie	Odpychanie
0 mm	1,51 kg	1,36 kg
1 mm	1,31 kg	1,18 kg
2 mm	1,04 kg	0,93 kg
3 mm	0,77 kg	0,69 kg
5 mm	0,37 kg	0,33 kg
10 mm	0,05 kg	0,05 kg
20 mm	0,00 kg	0,00 kg
30 mm	0,00 kg	0,00 kg

Stos magnesów

Liczba sztuk	Udźwig stosu	Przyrost
1	1,51 kg	×1,00
2	4,22 kg	×2,79
3	6,31 kg	×4,16
5	7,71 kg	×5,09
10	6,26 kg	×4,13

Układanie magnesów w stos podnosi udźwig wyłącznie do pewnej granicy. Najlepszy wynik wypada przy wysokości rzędu 0,6–0,8 średnicy — dalej siła maleje mimo rosnącej objętości. Potwierdzają to pomiary z naszego magazynu: magnes ⌀10 mm osiąga maksimum przy wysokości 8 mm (3,39 kg), a przy 15 mm trzyma już tylko 2,61 kg.

Przyczyna nasycenia jest prosta: wysokość stosu nie zmienia powierzchni bieguna, a to ona decyduje o sile. Kolejne magnesy podnoszą współczynnik permeancji, a z nim indukcję w punkcie pracy — ale ta dąży do remanencji i powyżej pewnej wysokości niemal przestaje przyrastać. Jednocześnie materiał dokładany na końcu stosu leży coraz dalej od powierzchni roboczej, więc jego strumień w rosnącej części zamyka się przez pobocznicę, zamiast przechodzić przez szczelinę. Powyżej wysokości równej mniej więcej 0,7 średnicy oba efekty się sumują i kolejny magnes praktycznie nie zwiększa udźwigu — podnosi za to koszt, masę i ryzyko przy montażu.

Parametry dodatkowe

0,03 N·m	0,05 J	0,83 kg	84 kPa
MOMENT OPORU OBROTU	PRACA ODERWANIA	UDŹWIG PRZY KRAWĘDZI BLACHY	NACISK JEDNOSTKOWY

Ustawiony przy samej krawędzi blachy magnes gubi część strumienia i trzyma wyraźnie słabiej. Opór przeciw obróceniu magnesu na powierzchni stalowej.

Wskaźniki inżynierskie

Zestaw wielkości charakteryzujących magnes niezależnie od tego, do czego go przyłożysz. Wyliczone z parametrów podanych wyżej – nie modyfikują żadnego z wyników.

54 %	0,35 A·m²	0,572 kg/g	55 mJ
EFEKTYWNOŚĆ KSZTAŁTU	MOMENT MAGNETYCZNY	SIŁA NA GRAM	ENERGIA ODERWANIA

Efektywność kształtu: 158 / 291 kJ/m³ – wykorzystanie potencjału materiału

`(BH)d = Bd · Hd, (BH)max = Br² / (4 · μ0 · μrec)`

Jaka część potencjału energetycznego materiału jest wykorzystana przy tym kształcie. Iloczyn energii w punkcie pracy (BH)d odniesiony do maksimum materiału (BH)max. Maksimum wypada przy Pc ≈ 1,05 – im magnes smuklejszy, tym bliżej tej wartości. Niski wynik nie oznacza wady wyrobu – dysk o małej wysokości wygrywa wszędzie tam, gdzie ograniczeniem jest grubość zabudowy.

Sprawdzenie spójności: obliczone (BH)max powinno mieścić się w katalogowych widełkach gatunku. Trafienie w widełki oznacza, że remanencja i przenikalność powrotna są dobrane zgodnie.

Moment magnetyczny

Parametr, na który nie wpływa ani podłoże, ani szczelina powietrzna. Iloczyn magnetyzacji M = Br/μ0 i objętości bryły. Pozwala oszacować pole daleko od magnesu, gdzie liczy się już tylko przybliżenie dipolowe.

Siła na gram

Stosunek siły do masy: ile udźwigu przypada na gram wyrobu. Rośnie wraz ze smukłością bryły, bo wraz z nią rośnie Pc. Wskaźnik pomocny przy porównywaniu kosztu uzyskania siły, bo cena wyrobu idzie zwykle za masą materiału.

Energia oderwania

Tyle energii potrzeba, by podnieść **6** g na wysokość jednego metra.

Pole pod krzywą siły od odległości na odcinku 0–50 mm, całkowane metodą trapezów. Siła odpowiada za utrzymanie ciężaru, energia za to, jak trudno magnes oderwać.

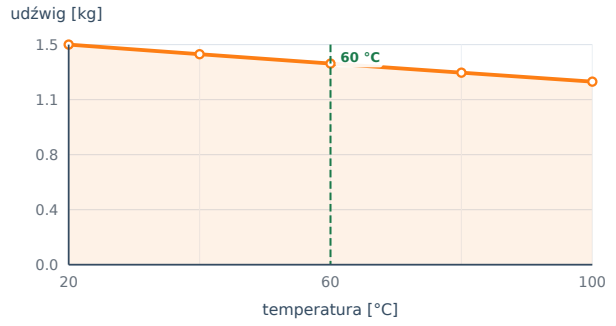
Trzy poziomy tej samej liczby

Dla jednej geometrii spotyka się bardzo różne wartości – zależnie od przyjętych założeń. Poniżej trzy wartości, które warto od siebie odróżniać.

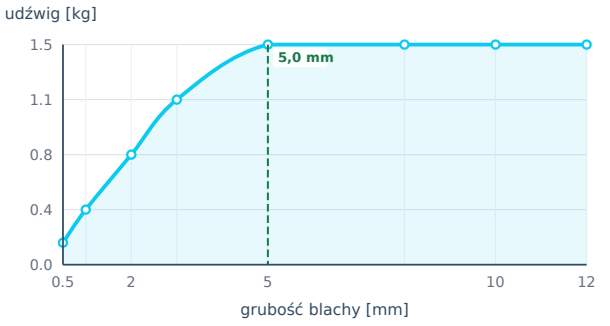
Poziom	Na czym oparty	Siła
Typowa deklaracja sklepów internetowych	Gatunek N42 zamiast N38, remanencja przy górnej granicy widełek, zerowa szczelina, płyta docierana	**2,42 – 2,73 kg**
Model dhit – warunki idealne laboratoryjne	Stal S235 o grubości ≥ 10 mm, pełny styk, 20 °C, magnes bez powłoki	**1,51 kg**
Wartość do obliczeń konstrukcyjnych	Model podzielony przez współczynnik bezpieczeństwa 2,0 dla montażu warsztatowego	0,76 kg

Zakres 1,6–1,8 nie jest przybliżeniem na oko. To iloczyn kilku założeń podnoszących wynik. Ponieważ mnożą się one przez siebie, sam stosunek zachowuje ważność dla każdej geometrii, choć wartość bezwzględna już nie. Przy projektowaniu konstrukcji przyjmuj zawsze ostatni wiersz.

Krzywa spadku temperaturowego



Krzywa wpływu grubości blachy



Starzenie i stabilność długoterminowa

Okres eksploatacji	Spadek strumienia	Siła
1 rok	-0,2%	**1,51 kg**
5 lat	-0,5%	**1,50 kg**
10 lat	-1,0%	**1,48 kg**
20 lat	-1,8%	**1,46 kg**

W poprawnie dobranym obwodzie magnetycznym spiekany NdFeB zachowuje się stabilnie: samoistny spadek strumienia to ułamki procenta rocznie, a po pierwszym roku niemal ustaje. Poniższe wartości dotyczą pracy w temperaturze pokojowej, w suchym otoczeniu i przy niezmienionej geometrii obwodu.

Zalecane współczynniki bezpieczeństwa

Charakter pracy	Zalecane wykorzystanie	Współczynnik bezpieczeństwa	Siła do obliczeń
Obciążenie statyczne, styk kontrolowany	70%	×1,4	**1,06 kg**
Obciążenie statyczne, montaż warsztatowy	50%	×2,0	**0,76 kg**
Obciążenie ścinające (zsuwanie po blasze)	50%	×2,0	**0,23 kg**
Ruch, przyspieszenia, cykle otwierania	40%	×2,5	**0,61 kg**
Wibracje, transport, praca ciągła	33%	×3,0	**0,50 kg**
Praca nad ludźmi lub podnoszenie	20%	×5,0	**0,30 kg**

W praktyce o żywotności magnesu nie decyduje starzenie materiału magnetycznego, tylko korozja. Powłoka NiCuNi trzyma szczelność tylko dopóki jest nienaruszona — odprysk na krawędzi, uderzenie czy wilgoć otwierają drogę korozji rdzenia, a skorodowany spiek kruszy się i traci strumień dużo szybciej niż mówi tabela. Drugi czynnik to cykliczne nagrzewanie: każde przekroczenie kolana krzywej zabiera trwale część mocy, a straty się kumulują. Podane liczby są oszacowaniem opartym na położeniu punktu pracy, nie wynikiem badań długoterminowych.

Siła oderwania jest wartością graniczną osiąganą w warunkach idealnych i nie wolno jej wpisywać do obliczeń

konstrukcyjnych wprost. Magnes ma duży rozrzut wykonawczy i skrajnie reaguje na jakość styku, dlatego projektuje się go na ułamek wartości nominalnej. Tabela poniżej podaje udziały sprawdzone w praktyce warsztatowej.

Tam, gdzie awaria mocowania zagraża zdrowiu, magnes nie może być jedynym elementem przenoszącym obciążenie; konieczne jest niezależne zabezpieczenie mechaniczne. Magnes nie jest zawiesiem transportowym i nie podlega ocenie jak sprzęt do podnoszenia ładunków.

Jak używać tych danych w praktyce

1. Zacznij od kierunku obciążenia, nie od liczby kilogramów. Siła ścinająca to około 30% siły oderwania na stali surowej i wyraźnie mniej na lakierowanej — mocowanie na ścianie pionowej projektuje się z tabeli ścinania, nigdy z wartości katalogowej.

2. Pomnóż wynik przez udział z tabeli współczynników bezpieczeństwa właściwy dla danego charakteru pracy. Dopiero ta liczba jest siłą projektową.

3. Sprawdź, czy blacha jest dostatecznie gruba. Poniżej progu pełnego wykorzystania strumienia magnes traci siłę proporcjonalnie do grubości — cienka blacha nasyca się i przestaje prowadzić strumień. Dla tego magnesu próg wypada przy 5,0 mm.

4. Licz temperaturę pracy magnesu, a nie samą temperaturę otoczenia. Magnes zabudowany, umieszczony przy silniku lub w nasłonecznionej maszynie potrafi być o kilkadziesiąt stopni cieplejszy od hali.

5. Nie zwiększaj siły przez sklejanie magnesów w stos — powyżej wysokości równej mniej więcej 0,7 średnicy przyrost praktycznie ustaje. Taniej i bezpieczniej wypada zwiększenie średnicy lub rozłożenie obciążenia na kilka punktów mocowania.

6. Przygotuj powierzchnię. Zwykle odtłuszczenie i usunięcie rdzy dają więcej niż podniesienie gatunku o dwie klasy, przy ułamku kosztu.

7. Płaskie magnesy trzymaj przyklejone do stali albo w parach zwróconych przeciwnymi biegunami. Luzem pracują blisko kolana krzywej i tracą margines bezpieczeństwa termicznego.

8. Przy krytycznym mocowaniu przeprowadź próbę na docelowym materiale i w docelowym stanie powierzchni. Jeden pomiar siłomierzem na rzeczywistym detalu znaczy więcej niż dowolny raport obliczeniowy, ten również.

Źródła danych materiałowych

Dane gatunku wykorzystane w obliczeniach wzięto z karty materiałowej dostawcy spieku; mieszczą się w widełkach określonych w wymienionych niżej dokumentach. Wymieniamy je po to, aby każdą przyjętą wartość można było zestawić z niezależnym źródłem.

IEC 60404-5:2015 — metody pomiaru właściwości magnetycznych materiałów magnetycznie twardych w obwodzie zamkniętym — indukcji, polaryzacji i natężenia pola oraz wyznaczania krzywej odmagnesowania i prostej powrotu · https://webstore.iec.ch/en/publication/22142

IEC 60404-8-1:2023 — specyfikacja minimalnych właściwości magnetycznych i tolerancji wymiarowych materiałów magnetycznie twardych, uzupełniona o gęstości i zakresy składu chemicznego · https://webstore.iec.ch/en/publication/68440

ASTM A977/A977M-07(2020) — badanie właściwości magnetycznych materiałów wysokokoercyjnych histerezografem: remanencja, koercja, pole kolana, iloczyn energii i przenikalność powrotna · https://store.astm.org/a0977_a0977m-07r20.html

MMPA Standard No. 0100-00 — specyfikacja branżowa obejmująca właściwości magnetyczne, cieplne, fizyczne i mechaniczne handlowych magnesów trwałych oraz typowe tolerancje produkcyjne · standard Magnetic Materials Producers Association, udostępniany członkom stowarzyszenia

Karta katalogowa gatunku dhit — stąd pochodzą przyjęte w raporcie widełki Br, Hcb, Hcj, BHmax i maksymalnej temperatury pracy, stanowiące dane wejściowe modelu. · karta dostępna na stronie produktu w katalogu dhit

Normy wymieniono jako źródła metodyki i wartości odniesienia; niniejszy raport nie jest dokumentem badania akredytowanego i nie stanowi świadectwa zgodności z żadną z nich.

Powtarzalność produkcji

Statystyki zdolności procesu (Cp, Cpk) dla pojedynczych wymiarów nie publikujemy — poniższe uwagi mają charakter ogólny. W spiekanym NdFeB rozrzut właściwości magnetycznych przewyższa rozrzut wymiarowy; branża przyjmuje tolerancję remanencji około ±5%, a koercję wewnętrzną deklaruje się jako wartość minimalną. Skoro siła zależy od kwadratu indukcji, tolerancja remanencji tego rzędu oznacza mniej więcej ±10% siły: więcej niż wpływ tolerancji wymiarowej i wielokrotnie więcej niż niepewność modelu. Wniosek dla konstruktora jest prosty: o wymaganym marginesie bezpieczeństwa decyduje rozrzut materiału, a nie dokładność obliczeń.

Rozrzut rzędu ±10% siły wynikający z tolerancji remanencji jest typowy dla całej branży spiekanych magnesów neodymowych, dlatego marginesy bezpieczeństwa są konieczne niezależnie od dokładności samego modelu obliczeniowego.

Warunki odniesienia

Kierunek magnesowania: osiowy · Bieguny wypadają na powierzchniach czołowych, pole idzie wzdłuż wymiaru **2,0 mm**

Siłę oderwania policzono dla płyty ze stali konstrukcyjnej niestopowej (S235 / St3) grubości co najmniej 10 mm, o powierzchni gładkiej, czystej i odtłuszczonej, bez szczeliny powietrznej i przy sile prostopadłej do powierzchni. Austenityczna stal nierdzewna (304, 316) nie jest magnetyczna — magnes do niej nie przywrze.

Wartości pochodzą z modelu analitycznego dopasowanego do danych katalogowych. Dopasowanie do katalogu nie jest dokładnością pomiaru rzeczywistego egzemplarza. Stosuj margines bezpieczeństwa i wykonaj próbę na docelowym detalu.

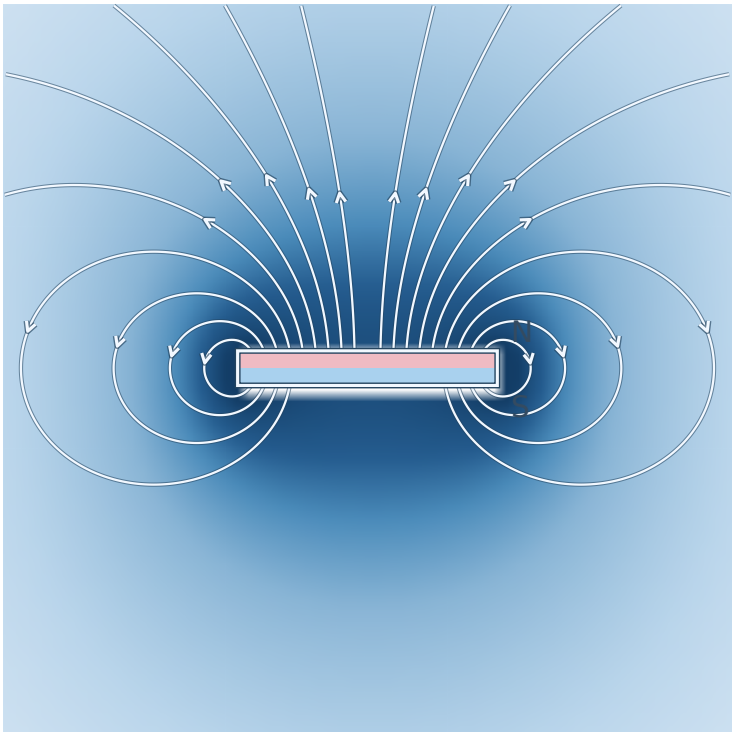
Każda wartość w raporcie jest wynikiem obliczenia modelowego, nie pomiarem konkretnej sztuki. Służą do celów projektowych i porównawczych. Przed zastosowaniem w konstrukcji, od której zależy bezpieczeństwo, wykonaj próbę na docelowym detalu i zawsze stosuj margines bezpieczeństwa zgodnie z tabelą współczynników.

Raport powstaje w dwóch wersjach językowych. Wersję angielską otrzymasz pod tym samym adresem z przedrostkiem /en/ i angielskim segmentem trasy, na przykład https://dhit.pl/en/magnet-report/neodymium-disc-magnet-38x3-5-n38/. Obliczenia, założenia i wszystkie wartości liczbowe są identyczne — zmienia się wyłącznie warstwa opisowa.

Zapytaj DHIT o tę konfigurację

Obliczone pole w powietrzu — magnesowanie osiowe

Pole w powietrzu | B [mT] | magnesowanie osiowe



x: −21 ... +21 mm; z: −21 ... +21 mm

J ≈ Br = 1.24 T; jednorodne magnesowanie; bez stali i obudowy.

Linie obliczone: na zewnątrz N → S. Nie wyznaczają udźwigu ani stref bezpieczeństwa.

Gatunki i katalogowe limity temperatury

Rodzina N

Gatunek	Br [kGs]	Hcj [kA/m]	T [°C]
N30	10.8-11.2	≥ 955	≤ 80
N33	11.4-11.7	≥ 955	≤ 80
N35	11.7-12.1	≥ 955	≤ 80
N38	12.2-12.6	≥ 955	≤ 80
N40	12.6-12.9	≥ 955	≤ 80
N42	12.9-13.2	≥ 955	≤ 80
N45	13.2-13.7	≥ 955	≤ 80
N48	13.7-14.2	≥ 955	≤ 80
N50	14-14.6	≥ 955	≤ 60
N52	14.2-14.7	≥ 955	≤ 60
N54	14.5-15.1	≥ 955	≤ 60

Rodzina M

Gatunek	Br [kGs]	Hcj [kA/m]	T [°C]
N30M	10.8-11.2	≥ 1114	≤ 100
N33M	11.4-11.7	≥ 1114	≤ 100
N35M	11.7-12.1	≥ 1114	≤ 100
N38M	12.2-12.6	≥ 1114	≤ 100
N40M	12.6-12.9	≥ 1114	≤ 100
N42M	12.9-13.2	≥ 1114	≤ 100
N45M	13.2-13.7	≥ 1114	≤ 100
N48M	13.7-14.2	≥ 1114	≤ 100
N50M	14-14.6	≥ 1114	≤ 100

Rodzina H

Gatunek	Br [kGs]	Hcj [kA/m]	T [°C]
N27H	10.2-10.6	≥ 1353	≤ 120
N30H	10.8-11.2	≥ 1353	≤ 120
N33H	11.4-11.7	≥ 1353	≤ 120
N35H	11.7-12.1	≥ 1353	≤ 120
N38H	12.2-12.6	≥ 1353	≤ 120
N40H	12.6-12.9	≥ 1353	≤ 120
N42H	12.9-13.2	≥ 1353	≤ 120
N44H	13.2-13.6	≥ 1353	≤ 120
N48H	13.7-14.2	≥ 1353	≤ 120

Rodzina SH

Gatunek	Br [kGs]	Hcj [kA/m]	T [°C]
N27SH	10.2-10.6	≥ 1592	≤ 150
N30SH	10.8-11.2	≥ 1592	≤ 150
N33SH	11.4-11.7	≥ 1592	≤ 150
N35SH	11.7-12.1	≥ 1592	≤ 150
N38SH	12.2-12.6	≥ 1592	≤ 150
N40SH	12.6-12.9	≥ 1592	≤ 150
N42SH	12.9-13.2	≥ 1592	≤ 150
N45SH	13.2-13.7	≥ 1592	≤ 150

Rodzina UH

Gatunek	Br [kGs]	Hcj [kA/m]	T [°C]
N25UH	9.8-10.2	≥ 1990	≤ 180
N28UH	10.4-10.8	≥ 1990	≤ 180
N30UH	10.8-11.2	≥ 1990	≤ 180
N33UH	11.4-11.7	≥ 1990	≤ 180
N35UH	11.7-12.1	≥ 1990	≤ 180
N38UH	12.2-12.6	≥ 1990	≤ 180
N40UH	12.6-12.9	≥ 1990	≤ 180

Rodzina EH

Gatunek	Br [kGs]	Hcj [kA/m]	T [°C]
N25EH	9.8-10.2	≥ 2388	≤ 200
N28EH	10.4-10.8	≥ 2388	≤ 200
N30EH	10.8-11.2	≥ 2388	≤ 200
N33EH	11.4-11.7	≥ 2388	≤ 200
N35EH	11.7-12.1	≥ 2388	≤ 200
N38EH	12.2-12.5	≥ 2388	≤ 200
N40EH	12.5-12.8	≥ 2388	≤ 200
N42EH	12.8-13.2	≥ 2388	≤ 200

Rodzina AH

Gatunek	Br [kGs]	Hcj [kA/m]	T [°C]
N28AH	10.4-10.8	≥ 2624	≤ 230
N30AH	10.8-11.3	≥ 2624	≤ 230
N33AH	11.3-11.7	≥ 2624	≤ 230
N35AH	11.7-12.2	≥ 2624	≤ 230
N38AH	12.2-12.5	≥ 2624	≤ 230
N40AH	12.5-12.8	≥ 2624	≤ 230

N M H SH UH EH AH

Kolory rozróżniają rodziny materiału, nie udźwig. Liczba oznacza klasę energetyczną, a przyrostek rozróżnia klasy koercji i temperatury. Limit pracy sprawdź na karcie wybranego produktu; N50/N52/N54 w tym katalogu mają limit 60°C.

Limit katalogowy nie jest gwarancją dla każdej geometrii. Znaczenie mają powłoka, obwód magnetyczny i temperatura samego magnesu. Kolorowe połowy oznaczają magnesowanie, nie dwa osobne magnesy.

Powłoki: dobór i ograniczenia

Powłoka / osłona	Zastosowanie	Ograniczenia
Ni-Cu-Ni (standard)	Metaliczne wykończenie ogólnego zastosowania w suchych wnętrzach.	Nie zakładaj ochrony przy stałym zanurzeniu. Uszkodzenie odsłania rdzeń.
Ni-Cu-Ni-Au (złoto)	Cienka dekoracyjna warstwa złota na podkładzie niklowym.	Może się ścierać; złoty kolor nie potwierdza biokompatybilności ani zastosowania medycznego.
Ni-Cu-Ni-Cr (chrom)	Metaliczne wykończenie stosowane, gdy znaczenie ma zużycie powierzchni.	Nie gwarantuje wodoodporności; sprawdź specyfikację konkretnego produktu.
Ni-Cu (miedź)	Miedziane wykończenie, przede wszystkim dekoracyjne.	Może ciemnieć i ścierać się; nie zastępuje bariery środowiskowej.
Epoxy (żywica)	Bariera polimerowa do zastosowań narażonych na wilgoć.	Ochrona zależy od ciągłości powłoki; rysy i uderzenia mogą odsłonić rdzeń.
Gumowanie (rubber coated)	Chroni powierzchnię podłoża i może zwiększać tarcie.	Dodaje szczelinę i może zmniejszać siłę odrywania; tarcie i szczelność zależą od konstrukcji.
Zalewanie w tworzywie (overmolding)	Zalanie może izolować magnes od otoczenia.	Ścianka dodaje szczelinę. Bez specyfikacji produktu nie zakładaj pełnej wodoszczelności.

Ogólny poradnik doboru, nie specyfikacja powłoki obliczanego magnesu. Sprawdź kartę produktu. Powłoka nie zmienia gatunku NdFeB ani nie podnosi jego limitu temperatury. Grubość, dodatkowa szczelina i tarcie wymagają danych konkretnego produktu; ta tabela nie zmienia obliczeń.

Technologia DHIT: powłoki i warunki pracy

Zakres i ograniczenia

Tarcie, wpływ grubości blachy, zyski obudowy, starzenie, nieodwracalne straty cieplne i porównania rynkowe to scenariusze poglądowe, nie zmierzone parametry produktu. Dopasowanie do katalogu nie jest niezależną walidacją. Progi pola na osi nie wyznaczają bezpiecznych odległości od implantów — należy kierować się zaleceniami producenta implantu. Energia uderzenia jest scenariuszem idealizowanym, nie prognozą obrażeń. Podstawowa tabela temperatury pokazuje zmianę odwracalną siły (kwadrat Br), rozszerzona dodaje niezwalidowany scenariusz strat nieodwracalnych. Powyżej Tmax żadna z tabel nie dopuszcza eksploatacji.

Dhit sp. z o.o. · Kościuszki 6A, 05-850 Ożarów Mazowiecki, Polska
Biuro: +48 888 99 98 98 · Dział handlowy: +48 888 98 98 95
23.11.2026 · model 3.0 · PDF 2026.10.23.1-aeebc951