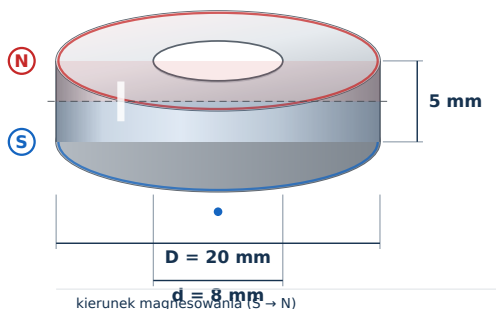


Raport obliczeń magnesu

MP 20/8x5 / N38

Wygenerowano: 01.08.2026 13:18:24

<https://dhit.pl/kalkulator-magnesow/?shape=ring&mat=4&dout=20&din=8&h=5&prec=2>



Kształt:	pierścieniowy
Wymiary:	ø20,0 / ø8,0 × 5,0 mm
Gatunek:	N38
Br:	12.2-12.6 kGs
Hcb:	860-915 kA/m
BHmax:	287-303 kJ/m ³
Temperatura:	≤ 80 °C

Dane katalogowe

MP 20x8x5 / N38 - magnes neodymowy pierścieniowy

Nr katalogowy	030188	Siła oderwania	5.82kg
GTIN / EAN	5906301812050	Indukcja	277,16 mT / 2 772 Gs
Wymiary	ø20,0 / ø8,0 × 5,0 mm	Powłoka	[NiCuNi] nikiel
Waga	9.90g	Gatunek	N38
Kierunek magnesowania	osiowy		

<https://dhit.pl/produkt/magnes-neodymowy-pierscieniowy-20x8x5-n38-osiowy>

Wynik obliczeń

5,83 kg
SIŁA ODERWANIA

2 771 Gs
INDUKCJA POWIERZCHNIOWA

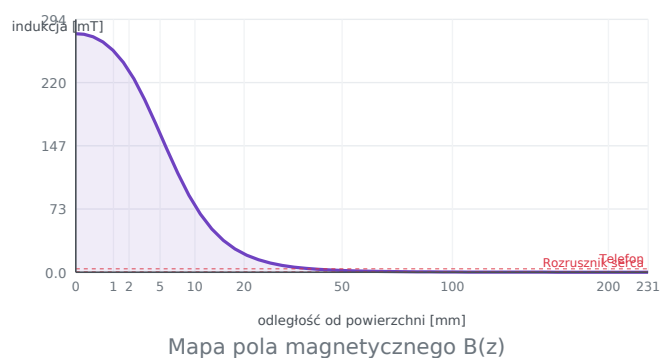
9,90 g
MASA MAGNESU

0,37 Pc
WSP. PERMEANCJI

Widelki wynikające z tolerancji materiału: 5,64 – 6,01 kg

Spis treści

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



Indukcja liczona na osi magnesu, w powietrzu, bez płyty stalowej. 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

Tego raportu nie policzył solver FEM i nie przepisano go z tabeli katalogowej. Liczy je zamknięty model analityczny: pole na osi magnesu wyznaczane jest ze wzoru na potencjał jednorodnie namagnesowanej bryły, a siła oderwania z równania Maxwella dla naprężenia magnetycznego na granicy magnes-stal. Cała ścieżka obliczeń jest opisana poniżej, więc każdy wynik można sprawdzić na kartce.

Równania modelu

Walec i pierścień — indukcja na osi w odległości z od powierzchni czołowej

$$B(z) = (Br / 2) \cdot [(H + z) / \sqrt{(R^2 + (H + z)^2)} - z / \sqrt{(R^2 + z^2)}]$$

Siła oderwania — całka naprężenia Maxwella po powierzchni bieguna

$$F [N] = B_{load}^2 \cdot A / (2 \cdot \mu_0) \quad F [kg] = F [N] / g$$

Współczynnik skupienia strumienia — gruba płyta stalowa zachowuje się jak zwierciadło magnetyczne, domykając obwód i podnosząc indukcję w szczelinie ponad wartość z wolnej przestrzeni

$$B_{load} = B(0) \cdot sf \quad sf = 1 + 1,6 \cdot \exp(-1,2 \cdot \lambda) \quad \lambda = H / D$$

Współczynnik permeancji — miara samoodmagnesowania wynikającego z samej geometrii magnesu; De oznacza średnicę zastępczą bieguna

$$Pc = k \cdot 1,7 / (1 + 0,9 \cdot k) \quad k = H / De$$

Stała kalibracyjna — bez korekty model zaniża siłę w sposób systematyczny, pomija bowiem strumień rozproszony z poboczniczy, który również zamyka obwód przez płytę. Współczynnik dopasowano metodą najmniejszych kwadratów do 127 pozycji katalogowych dh1t

$$F [kg] = k_{cal} \cdot B_{load}^2 \cdot A / (2 \cdot \mu_0 \cdot g) \quad k_{cal} = 1,4837$$

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	0,372
sf	Współczynnik skupienia strumienia	2,185
A	Powierzchnia bieguna	2,64 cm²
ρ	Gęstość spieku NdFeB	7,50 g/cm³

Kalibracja i dokładność odwzorowania

W całym modelu dopasowywany jest wyłącznie jeden parametr, k_cal; poza nim nie ma żadnych współczynników korygujących. Dopasowanie przeprowadzono na 127 pozycjach katalogowych: walcach, płytkach i pierścieniach w gatunkach N35-N52. Po kalibracji mediana rozbieżności między modelem a wartością katalogową wynosi 0,09%, dziewiąty decyl 0,45%, a największa zaobserwowana rozbieżność 1,9%. Powyższe liczby opisują zgodność z bazą, na której model dopasowano; nie są wynikiem niezależnych pomiarów i nie stanowią niepewności pomiarowej.

Założenia przyjęte w obliczeniach

- 1. Zakładamy jednorodne namagnesowanie całej bryły i wektor magnetyzacji równoległy do osi wskazanej jako kierunek magnesowania.
- 2. Płyta stalowa jest płaska, czysta, odtłuszczona, o grubości co najmniej takiej, przy której model wykazuje pełne wykorzystanie strumienia (patrz tabela wpływu grubości blachy), i nie wchodzi w nasycenie.
- 3. Kontakt obejmuje całą powierzchnię czołową, a jedyną szczeliną jest grubość powłoki ochronnej.
- 4. Siłę przykładaną się prostopadłe do powierzchni styku, powoli, bez uderzenia i bez składowej skręcającej.
- 5. Temperatura magnesu i stali wynosi 20 °C, przenikalność powietrza $\mu_{rec} = 1,05$.
- 6. W obliczeniach użyto remanencji ze środka widełek katalogowych gatunku; wpływ skrajnych wartości pokazuje osobna tabela porównania metod.
- 7. Zakładamy brak jakichkolwiek innych źródeł magnetycznych i elementów ferromagnetycznych poza opisaną płytą.

Ograniczenia modelu

- 1. Model wyznacza pole tylko na osi symetrii. Przy krawędzi bieguna rozkład indukcji wygląda inaczej: magnes na skraju blachy traci około 45% siły, co uwzględnia osobny parametr, a nie samo równanie pola.
- 2. Przy bardzo niskim współczynniku permeancji — P_c poniżej około 0,2, typowo dla kształtów płaskich — punkt pracy leży blisko kolana krzywej. Model traktuje ich charakterystykę jako liniową, co jest prawdziwe w 20 °C, ale przestaje obowiązywać po podgrzaniu — rzeczywista strata bywa wtedy większa od obliczonej. Dla takich proporcji konieczne zestaw ten raport z sekcją analizy temperaturowej.
- 3. Model opisuje magnesowanie osiowe. Dla magnesowania diametralnego i promieniowego bieguny leżą gdzie indziej i raport nie jest generowany.
- 4. Układy o zamkniętym obwodzie, czyli uchwyt 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. Udar podnosi siłę oderwania ponad wartość statyczną.
- 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	2 771	277,1	5,83	12,84	57,1	100%
1 mm	2 573	257,3	5,02	11,07	49,3	86%
2 mm	2 340	234,0	4,15	9,15	40,7	71%
3 mm	2 092	209,2	3,32	7,32	32,5	57%
5 mm	1 611	161,1	1,97	4,34	19,3	34%
10 mm	775	77,5	0,46	1,00	4,5	8%
15 mm	387	38,7	0,11	0,25	1,1	2%
20 mm	211	21,1	0,03	0,07	0,3	1%
30 mm	80	8,0	0,00	0,01	0,0	0%
50 mm	20	2,0	0,00	0,00	0,0	0%

Siła ścinająca (poślizg)

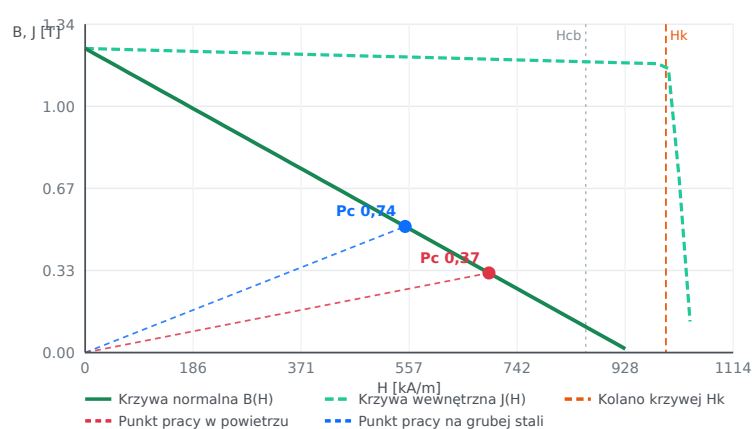
Powierzchnia	Tarcie	kg	N
Stal surowa	0,30	1,75	17,1
Stal lakierowana	0,20	1,17	11,4
Powierzchnia zaolejona	0,10	0,58	5,7
Powłoka gumowa	0,50	2,91	28,6

Wpływ grubości blachy

Grubość	Wykorzystanie	Siła
0,5 mm	10%	0,58 kg
1,0 mm	25%	1,46 kg
2,0 mm	50%	2,91 kg
3,0 mm	75%	4,37 kg
5,0 mm	100%	5,83 kg
8,0 mm	100%	5,83 kg
10,0 mm	100%	5,83 kg
12,0 mm	100%	5,83 kg

Krzywa demagnetyzacji i punkt pracy

Krzywa normalna B(H) opisuje indukcję wypadkową wewnątrz magnesu, krzywa wewnętrzna J(H) — samą polaryzację materiału. Punkt pracy wypada tam, gdzie krzywa normalna przecina prostą obciążenia o nachyleniu równym P_c : $B = \mu_0 \cdot P_c \cdot H$. Im niżej wypada, tym bliżej kolana krzywej J(H) pracuje magnes i tym łatwiej o bezpowrotną utratę strumienia.



Stan pracy	Pc	Bd [T]	Hd [kA/m]
Punkt pracy w powietrzu	0,372	0,325	694
Punkt pracy na grubej stali	0,745	0,514	550

	Zapas do kolana Hk/Hd	Ryzyko trwałej utraty
Punkt pracy w powietrzu	1,44	brak
Punkt pracy na grubej stali	1,82	brak

$H_k = 998 \text{ kA/m} \cdot H_{cj} 955\text{--}1051 \text{ kA/m} \cdot H_{cb} 940 \text{ kA/m}$

Gruba płyta stalowa domyka obwód magnetyczny i mniej więcej podwaja współczynnik permeancji. Punkt pracy przesuwają się w górę krzywej, indukcja w magnecie rośnie, a zapas do kolana wyraźnie się powiększa. Właśnie dlatego magnesy płaskie trzymają się przyklejone do stali albo w parach przeciwnymi biegunami, nigdy luzem.

Dzięki proporcjom punkt pracy leży wysoko na krzywej, z dużym marginesem do kolana. W normalnej eksploatacji trwała utrata strumienia praktycznie nie grozi, a ogranicza nas maksymalna temperatura pracy gatunku.

Spadek siły w funkcji temperatury

Temperatura	Strata	Siła	%
20 °C	0,0%	5,83 kg	100%
40 °C	-2,2%	5,70 kg	98%
60 °C	-4,4%	5,57 kg	96%
80 °C	-6,6%	5,44 kg	93%
100 °C	-28,8%	4,15 kg	71%

Rozszerzona analiza temperaturowa

Utrata siły w temperaturze ma dwa różne mechanizmy i warto je rozdzielać. Strata odwracalna to spadek remanencji o 0,11% na kelwin — po ostygnięciu znika bez śladu. Dopiero zejście punktu pracy poniżej kolana krzywej J(H) daje stratę nieodwracalną, która nie wraca. Ponieważ koercja wewnętrzna maleje z temperaturą ponad pięć razy szybciej niż remanencja, o granicy bezpiecznej pracy decyduje nie deklarowana maksymalna temperatura gatunku, lecz kształt magnesu.

Temperatura	Strata odwracalna	Zapas do kolana Hk/Hd	Strata nieodwracalna	Siła w temperaturze	Siła po ostygnięciu	Ryzyko trwałej utraty
20 °C	0,0%	1,44	0,0%	5,83 kg	5,83 kg	brak
40 °C	-2,2%	1,29	0,0%	5,57 kg	5,83 kg	niskie
60 °C	-4,4%	1,14	0,0%	5,32 kg	5,83 kg	umiarkowane
80 °C	-6,6%	0,99	-3,7%	4,71 kg	5,40 kg	wysokie
100 °C !	-8,8%	0,82	-27,9%	2,52 kg	3,03 kg	wysokie

Kolumna „siła po ostygnięciu” jest tą, która ma znaczenie dla trwałości wyrobu: pokazuje, ile magnes utrzyma już na zawsze po jednorazowym epizodzie przegrzania. Liczby dla strat nieodwracalnych oszacowano modelowo z odległości punktu pracy od kolana krzywej — nie są to wyniki badań termicznych. 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

Podany udźwig to wartość nominalna — dla wymiarów nominalnych i warunków odniesienia. Tabele poniżej pokazują wpływ odchyłek, których w praktyce nie da się uniknąć: tolerancji szlifowania, grubości powłoki, stanu powierzchni stali i jej gatunku.

Wpływ tolerancji wymiarowej $\pm 0,1$ mm

Wymiar	Zmiana siły	Zmiana indukcji	Siła w granicach tolerancji
Średnica zewnętrzna	-0,56% ... +0,55%	-0,40% ... +0,40%	5,79 - 5,86 kg
Średnica wewnętrzna	-0,48% ... +0,47%	+0,00% ... +0,00%	5,80 - 5,85 kg
Wysokość / grubość H	-2,56% ... +2,54%	-1,61% ... +1,59%	5,68 - 5,97 kg
Wszystkie wymiary skrajnie	-2,63% ... +2,62%	-1,21% ... +1,19%	5,67 - 5,98 kg

Standardowa tolerancja wykonania spiekanych magnesów NdFeB po szlifowaniu to $\pm 0,1$ mm. Wniosek praktyczny jest niesymetryczny: dla magnesów płaskich o siłę decyduje niemal wyłącznie wysokość, bo to ona ustawia współczynnik permeancji, natomiast odchyłka średnicy niemal nic nie zmienia — większa powierzchnia bieguna jest równoważona spadkiem indukcji. Przy krytycznym wymaganiu na siłę opłaca się zacieśnić tolerancję wysokości, a średnicę zostawić.

Wpływ powłoki i stanu powierzchni				Wpływ gatunku stali podłoża		
Warunki styku	Zastępcza szczelina	Siła	%	Materiał podłoża	Współczynnik	Siła
Styk idealny, magnes bez powłoki	0,000 mm	5,83 kg	100,0%	Stal magnetycznie miękka (ARMCO, DT4)	1,03	6,00 kg
Powłoka NiCuNi 15–25 μ m	0,025 mm	5,81 kg	99,8%	S235 / St3 — odniesienie modelu	1,00	5,83 kg
Powłoka + chropowatość blachy walcowanej	0,050 mm	5,80 kg	99,5%	S355	0,99	5,77 kg
Film olejowy lub konserwacyjny	0,060 mm	5,79 kg	99,4%	Stal węglowa C45	0,96	5,59 kg
Lakier proszkowy 60–80 μ m	0,100 mm	5,76 kg	98,8%	Nierdzewna ferrytyczna 430	0,85	4,95 kg
Gruba powłoka malarska lub cynk natryskowy	0,200 mm	5,68 kg	97,5%	Żeliwo szare	0,75	4,37 kg
Nalot i łuszcząca się rdza	0,400 mm	5,52 kg	94,8%	Nierdzewna austenityczna 304 / 316	0,00	0,00 kg
Zgorzelina, gruba korozja	0,800 mm	5,19 kg	89,1%			

Wszystkie stany powierzchni sprowadzono do wspólnej miary — zastępczej szczeliny powietrznej. Wynik bywa zaskakujący: magnes o niskim współczynniku permeancji jest na cienką szczelinę mało wrażliwy, ponieważ o jego punkcie pracy decyduje własne odmagnesowanie, a nie reluktancja szczeliny. Na magnesie smukłym o wysokim P_c identyczna powłoka lakieru kosztuje już kilkanaście procent siły. Z tego powodu tabelę liczymy dla tej konkretnej geometrii zamiast przepisywać z tabeli ogólnej. Istotne zastrzeżenie: powyższe wartości dotyczą wyłącznie skutku samej szczeliny. Przy rdzy, zgorzelinie i grubej powłoce dochodzi drugi mechanizm — utrata płaskości sprowadza styk do kilku punktów podparcia. Drugi mechanizm bywa dużo kosztowniejszy od szczeliny i nie da się go policzyć z wymiarów; na zardzewiałej blasze realny udźwig spada nawet o ponad połowę.

Póki płyta jest dostatecznie gruba i nie nasycy się, gatunek stali znaczy niewiele — reluktancją obwodu rządzi odmagnesowanie samego magnesu, więc wyższa przenikalność stali niewiele wnosi. Realne różnice pojawiają się dopiero przy żeliwie i stali ferrytycznej, w których niższa indukcja nasycenia faktycznie ogranicza strumień. Austenit 304 i 316 jest paramagnetyczny — magnes do niego nie przywrze w ogóle. Podane współczynniki są orientacyjne.

Porównanie metod obliczeniowych

Ta sama geometria policzona różnymi metodami daje wyniki różniące się kilkunastokrotnie. To nie różnica w fizyce, lecz w przyjętych założeniach. 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	Zakłada indukcję równą Br w całej szczelinie. Granica termodynamiczna, fizycznie nieosiągalna.	16,46 kg	×2,83
Model zwierciadlany obwodu	Podwaja Pc i liczy siłę z indukcji w punkcie pracy. Strumień uciekający bokiem zostaje pominięty, stąd wynik zaniżony.	2,83 kg	×0,49
Model analityczny bez kalibracji	Identyczna ścieżka obliczeń jak w modelu dhit, tyle że bez stałej k_cal. Pokazuje, jaki wkład ma sama kalibracja.	3,93 kg	×0,67
Model dhit — wartość publikowana	Kalibrowany na katalogu, warunki odniesienia: S235, styk pełnopowierzchniowy, 20 °C.	5,83 kg	×1,00
Model dhit przy górnej granicy Br	Metoda bez zmian, tylko remanencja wzięta z górnej granicy widełek zamiast ze środka.	6,01 kg	×1,03
Ten sam wymiar w wyższym gatunku (N42)	To częsta przyczyna rozbieżności: katalogi zagraniczne domyślnie operują na N42, a nie N38.	6,45 kg	×1,11

Kalkulatory publikowane przez zagranicznych dostawców podają dla tej klasy wymiarowej wartości rzędu 8–9 kg, czyli wyraźnie wyższe. Za różnicę nie odpowiada niczyj błąd, tylko suma założeń: domyślny gatunek N42 zamiast N38, remanencja z górnej granicy widełek, płyta docierana zamiast walcowanej, zerowa szczelina liczona na magnesie bez powłoki i solver połowy traktujący strumień rozproszony łaskawiej niż model analityczny. Pojedynczo wszystkie te założenia są uzasadnione — razem dają wartość, której nie odtworzysz na warsztatowym stanowisku.

dhit publikuje świadomie dolny koniec tego przedziału. Iloraz wartości publikowanej i idealizowanej wynosi około 0,6, czyli dokładnie tyle, ile i tak zaleciłby współczynnik bezpieczeństwa. Dzięki temu wartość z raportu jest od początku bliższa tej, którą konstruktor powinien wziąć do obliczeń.

Bezpieczne odległości (BHP)

	Gs	cm
Rozrusznik serca	< 5	8,4
Aparat słuchowy	< 10	6,6
Zegarek	< 20	5,2
Telefon	< 40	4,0
Karta płatnicza	< 400	1,6
Dysk HDD	< 600	1,2

Strumień magnetyczny

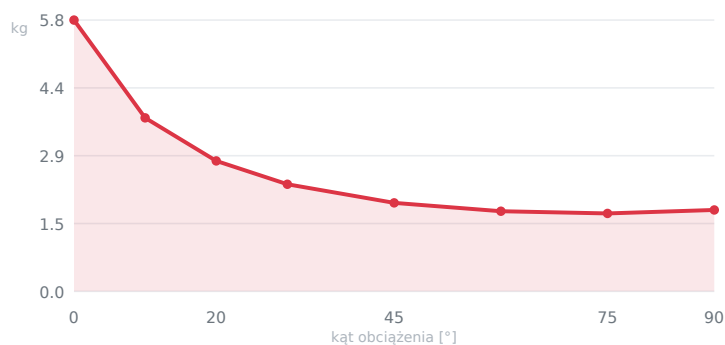
Φ	8 566 Mx
Φ (SI)	85,7 μWb
Bd	3 246 Gs
Pc	0,37
A	2,64 cm²
V	1,32 cm³

Dynamika przyciągania

Dystans startowy	Prędkość	km/h	Energia	Ryzyko
10 mm	7,12 m/s	25,6	0,25 J	Bezpieczne
30 mm	11,78 m/s	42,4	0,69 J	Bezpieczne
50 mm	15,20 m/s	54,7	1,14 J	Bezpieczne
100 mm	21,49 m/s	77,4	2,28 J	Bezpieczne

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

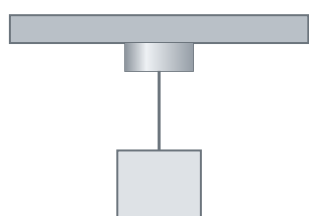
Siła w funkcji kąta obciążenia



Kąt	Udźwig	%
0°	5,83 kg	100%
10°	3,73 kg	64%
20°	2,80 kg	48%
30°	2,30 kg	39%
45°	1,90 kg	33%
60°	1,72 kg	30%
75°	1,67 kg	29%
90°	1,75 kg	30%

Wykres odpowiada na pytanie, ile magnes faktycznie uniesie przy danym kierunku obciążenia. 0° to odrywanie prostopadle od powierzchni (wartość katalogowa), 90° to ciągnięcie wzdłuż blachy. Charakterystyka opada bardzo szybko — 30° kosztuje już połowę udźwigu.

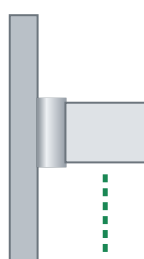
Typowe scenariusze montażu



5,83 kg

Sufit

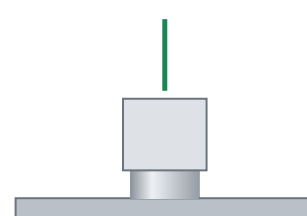
Ciężar wisi pionowo pod magnesem — obciążenie prostopadłe, pełny udźwig katalogowy.



1,75 kg

Ściana pionowa

Obciążenie zsuwa magnes po blasze — nośność zapewnia tylko tarcie i spada do mniej więcej 30%.



5,83 kg

Podłoga / poziomo

Magnes leży na poziomej blasze, obciążenie działa w górę — pełny udźwig prostopadły.

Ile magnesów potrzebuję?

Masa do utrzymania	10,0 kg	Kierunek obciążenia	prostopadle (odrywanie)
Margines bezpieczeństwa	2,0×	Udźwig jednego magnesu	5,83 kg
Potrzebna liczba magnesów	4	Łączny udźwig zestawu	23,30 kg (2,3×

Obliczenie uwzględnia kierunek działania obciążenia oraz przyjęty margines bezpieczeństwa. Tam, gdzie awaria mocowania jest niebezpieczna, przyjmij margines minimum 3×

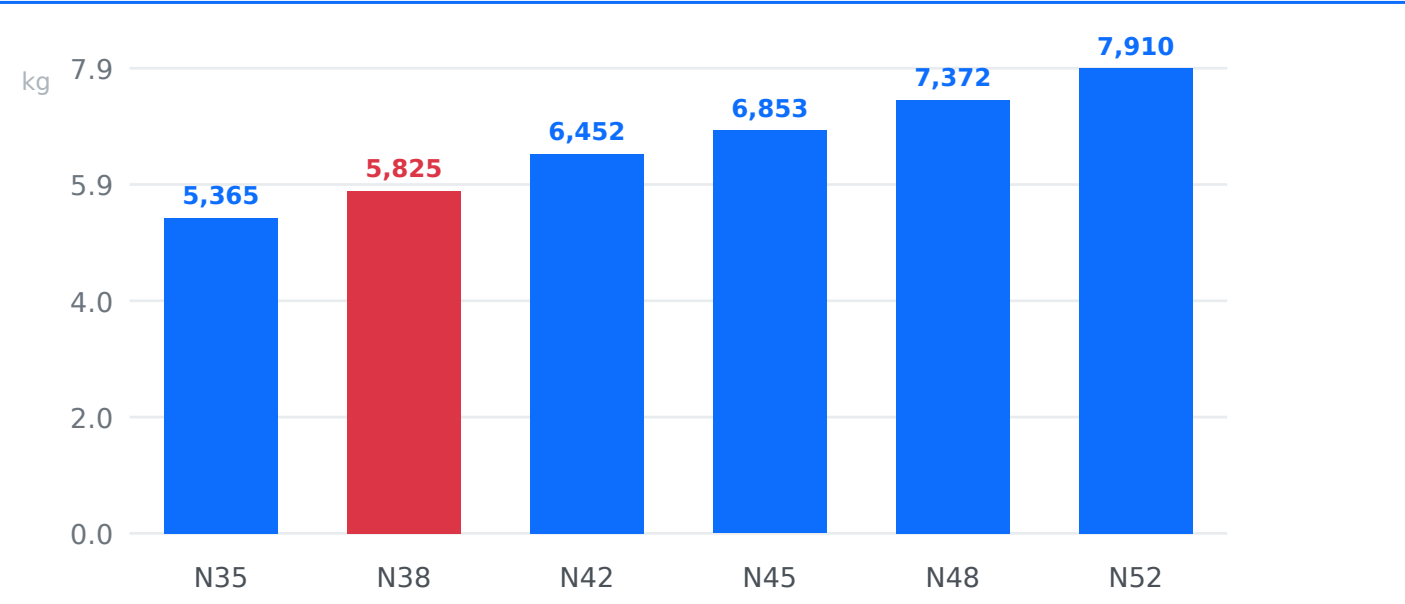


Wariant montażu	Siła prostopadła (oderwanie)	Siła równoległa (ściananie)	Udział
Magnes goły	5,83 kg	1,75 kg	30%
Uchwyt jednostronny	14,56 kg	4,37 kg	30%
Uchwyt dwustronny	13,11 kg	3,93 kg	30%

Siła prostopadła to wartość katalogowa — mierzona przy odrywaniu magnesu wprost od powierzchni. Siła równoległa, czyli ściananie, 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



Ten sam magnes wykonany z różnych gatunków NdFeB. Wyższy gatunek daje większy udźwig bez zmiany wymiarów.

Dwa magnesy – przyciąganie i odpychanie

Szczelina	Przyciąganie	Odpychanie
0 mm	5,83 kg	5,24 kg
1 mm	5,02 kg	4,52 kg
2 mm	4,15 kg	3,74 kg
3 mm	3,32 kg	2,99 kg
5 mm	1,97 kg	1,77 kg
10 mm	0,46 kg	0,41 kg
20 mm	0,03 kg	0,03 kg
30 mm	0,00 kg	0,00 kg

Stos magnesów

Liczba sztuk	Udźwig stosu	Przyrost
1	5,83 kg	×1,00
2	10,75 kg	×1,85
3	11,49 kg	×1,97
5	9,67 kg	×1,66
10	6,83 kg	×1,17

Sklejanie magnesów w stos zwiększa udźwig tylko do pewnego momentu. Optimum wypada zwykle przy wysokości równej 0,6–0,8 średnicy – powyżej tej granicy siła zaczyna maleć, mimo że magnesu przybywa. Potwierdzają to pomiary z naszego magazynu: magnes $\varnothing 10$ mm osiąga maksimum przy wysokości 8 mm (3,39 kg), a przy 15 mm trzyma już tylko 2,61 kg.

Parametry dodatkowe

0,17 N·m

MOMENT OPORU OBROTU

0,27 J

PRACA ODERWANIA

3,20 kg

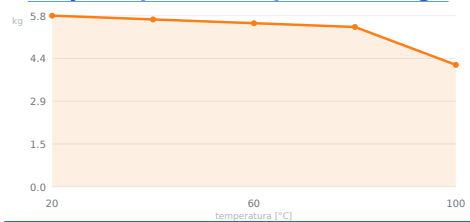
UDŹWIG PRZY KRAWĘDZI
BLACHY

216 kPa

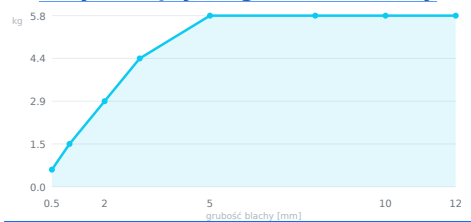
NACISK JEDNOSTKOWY

Przy krawędzi blachy część strumienia ucieka poza materiał i udźwig spada. Moment potrzebny do obrócenia magnesu leżącego na stali.

Krzywa spadku temperaturowego



Krzywa wpływu grubości blachy



Starzenie i stabilność długoterminowa

Okres eksploatacji	Spadek strumienia	Siła
1 lat	-0,2%	5,80 kg
5 lat	-0,5%	5,77 kg
10 lat	-1,0%	5,71 kg
20 lat	-1,8%	5,62 kg

Spiekany NdFeB w dobrze dobranym obwodzie jest stabilny — traci ułamki procenta strumienia rocznie, a po pierwszym roku praktycznie przestaje. Poniższe wartości dotyczą pracy w temperaturze pokojowej, w suchym otoczeniu i przy niezmięnionej geometrii obwodu.

Zalecane współczynniki bezpieczeństwa

Charakter pracy	Zalecane wykorzystanie	Współczynnik bezpieczeństwa	Siła do obliczeń
Obciążenie statyczne, styk kontrolowany	70%	×1,4	4,08 kg
Obciążenie statyczne, montaż warsztatowy	50%	×2,0	2,91 kg
Obciążenie ścinające (zsuwanie po blasze)	50%	×2,0	0,87 kg
Ruch, przyspieszenia, cykle otwierania	40%	×2,5	2,33 kg
Wibracje, transport, praca ciągła	33%	×3,0	1,92 kg
Praca nad ludźmi lub podnoszenie	20%	×5,0	1,17 kg

To korozja, a nie starzenie samego materiału, decyduje w praktyce o żywotności magnesu. Dopóki powłoka NiCuNi jest nienaruszona, pozostaje szczelna; odprysk, uderzenie albo praca w wilgoci wpuszczają wilgoć do rdzenia, a skorodowany spiek kruszy się i traci strumień znacznie szybciej niż przewiduje tabela. Drugi czynnik to cykliczne nagrzewanie: każde przekroczenie kolana krzywej zabiera trwale część mocy, a straty się kumulują. Podane liczby oszacowano z położenia punktu pracy; nie są to wyniki badań długoterminowych.

Udźwig katalogowy jest wartością graniczną dla warunków idealnych i nie nadaje się do bezpośredniego użycia w obliczeniach konstrukcyjnych. Magnes ma duży rozrzut wykonawczy i skrajnie reaguje na jakość styku, dlatego projektuje się go na ułamek wartości nominalnej. Poniższa tabela 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 ani sprzętem do podnoszenia ładunków i nie podlega takiej ocenie.

1. Zaczynij od kierunku obciążenia, nie od liczby kilogramów. Na stali surowej ścinanie daje około 30% siły oderwania, na lakierowanej wyraźnie mniej; mocowanie na ścianie pionowej dobiera się z tabeli ścinania, nie z wartości katalogowej.
2. Wynik przeskaluj udziałem z tabeli współczynników bezpieczeństwa dobranym do charakteru pracy. Dopiero ta liczba jest siłą projektową.
3. Zweryfikuj grubość blachy. Poniżej progu pełnego wykorzystania strumienia siła spada proporcjonalnie do grubości: cienka blacha nasycy się i przestaje prowadzić strumień. Dla tego magnesu próg wypada przy 5,0 mm.
4. Wyznacz temperaturę pracy, nie poprzestawaj na temperaturze otoczenia. Magnes zabudowany, umieszczony przy silniku lub w nasłonecznionej maszynie potrafi być o kilkadziesiąt stopni cieplejszy od hali.
5. Nie zwiększaj siły przez sklekanie magnesów w stos — powyżej wysokości równej mniej więcej 0,7 średnicy przyrost praktycznie ustaje. Lepszym wyjściem jest większa średnica albo rozdzielenie 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. Magnesy płaskie przechowuj przyklejone do stali lub w parach zwróconych przeciwnymi biegunami. Trzymane luzem pracują blisko kolana krzywej i tracą margines bezpieczeństwa termicznego.
8. Przy krytycznym mocowaniu przeprowadź próbę na docelowym materiale i w docelowym stanie powierzchni. Pojedynczy pomiar siłomierzem na prawdziwym detalu przebija każdy raport obliczeniowy, nie wyłączając tego.

Warunki odniesienia

Kierunek magnesowania: osiowy · Bieguny wypadają na powierzchniach czołowych, pole idzie wzdłuż wymiaru **5,0 mm**

Siła oderwania liczona dla płyty ze stali konstrukcyjnej niestopowej (S235 / St3) o grubości minimum 10 mm, powierzchni gładkiej, czystej i odtłuszczonej, przy zerowej szczelinie powietrznej i sile działającej prostopadle do powierzchni. Austenityczna stal nierdzewna (304, 316) nie jest magnetyczna — magnes do niej nie przywrze.

Wartości pochodzą z modelu fizycznego skalibrowanego na 127 zmierzonych produktach. Są to wielkości szacunkowe do celów projektowych — zawsze stosuj margines bezpieczeństwa.

Każda wartość w raporcie jest wynikiem obliczenia modelowego, nie pomiarem konkretnej sztuki. Mają charakter projektowy i porównawczy. Zanim użyjesz ich w konstrukcji odpowiedzialnej za bezpieczeństwo, wykonaj próbę na docelowym detalu i zastosuj margines z tabeli współczynników.