

GOUDSMIT

MAGNETICS

**Wartość pomiarów gęstości strumienia magnetycznego
dla separatorów magnetycznych**

Preambuła



Główny budynek Goudsmit Magnetica w Waalre

Martijn Leskens, Meksyk

Goudsmit Magnetic
SystemsPetunialaan
195582 HA, Waalre, Holandia www.goudsmitmagnet.com
ML@goudsmit.eu

Często określamy stopień działania systemu separacji magnetycznej przy użyciu pomiarów pola magnetycznego. W takim przypadku mierzymy gęstość strumienia *magnetycznego* w jednym lub kilku miejscach w separatorze.

Regularnie używamy tych pomiarów – świadomie lub nieświadomie – jako jedyne pomiaru zdolności oddzielania separatorów magnetycznych. W określonych sytuacjach pomiary te mogą zapewnić ich wystarczający obraz, taki jak określenie spadku siły magnetycznej – a tym samym mocy separacji – określonego separatora w czasie. Można też porównać wydajność dwóch lub większej liczby tych samych typów separatorów, które są używane w tych samych warunkach procesu.

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma to jednak miejsca i musimy uwzględnić więcej aspektów niż tylko pomiary gęstości strumienia przy określaniu mocy separacji separatora magnetycznego. Zostało to wyjaśnione w niniejszym dokumencie.

Treść



Miernik gęstości strumienia (lewy górny róg) i jego zastosowanie w magnetycznym systemie separacji (prawy dolny róg)

Pomiary gęstości strumienia i ich interpretacje

Sama gęstość strumienia magnetycznego nie wystarcza – wskaźnik siły

Wpływ warunków przepływu

Właściwości cząstek również odgrywają rolę

Jaka jest wartość pomiarów gęstości strumienia podczas oceny separatorów magnetycznych?

Pomiary gęstości strumienia i ich interpretacje



Magnetyczny system separacji

Aby określić, jak dobrze działa separator magnetyczny, często mierzymy gęstość strumienia magnetycznego w bezpośrednim sąsiedztwie magnesu i/lub w pewnej odległości od niego. Jednostka, w której mierzymy gęstość strumienia, to Tesla (T), czyli oficjalna jednostka (SI), często Gauss (G) ($1T = 10000G$ nieoficjalna i nieco przestarzała jednostka).

Najczęstszym pomiarem jest bezpośrednia bliskość magnesu. Ponieważ gęstość strumienia magnetycznego różni się w zależności od przestrzeni, szukamy maksymalnej gęstości strumienia. Pomiar często nie jest wykonywany na samym magnesie, ale na płycie ze stali nierdzewnej (stal nierdzewna) lub rurze wokół magnesu, która jest stosowana w celu wydłużenia żywotności magnesu i spełnienia wymogów higienicznych*. W ten sposób musimy mieć świadomość, że gęstość strumienia magnetycznego może być już znacznie zmniejszona w porównaniu z wartością samego magnesu. Dzieje się tak, ponieważ gęstość strumienia magnetycznego blisko magnesu szybko zmniejsza się wraz ze wzrostem odległości od magnesu. Ten spadek może być znaczący nawet na kilku milimetrach. Oznacza to również, że pomiary nigdy nie precyzyjnie nie wskazują gęstości strumienia na magnesie – ani na blachie lub rurze ze stali nierdzewnej – ale ich wartość jest niższa. Przyrząd pomiarowy (patrz rysunek na stronie 3) ma określoną grubość i dlatego mierzy w pewnej odległości od powierzchni.

Gęstość strumienia magnetycznego w bezpośrednim sąsiedztwie magnesu jest jednym z czynników determinujących siłę oddziaływania na obecne tu cząstki. To sprawia, że jest to czynnik decydujący o zdolności systemu separacji do wychwytywania cząstek znajdujących się w pobliżu magnesu i utrzymywania ich w tym miejscu (do momentu, gdy zostaną one usunięte za pomocą etapu czyszczenia).

Separatory magnetyczne często składają się z jednej lub więcej rur ze stali nierdzewnej, które są umieszczane w przepływie produktu. Rurki te zawierają zarówno magnesy, jak i stalowe płyty, w których magnetyzm jest skoncentrowany i kierowany na zewnątrz strumienia produktu. W pobliżu tych płyt gęstość strumienia jest największa. W przypadku takich magnetycznych systemów separacji opartych na prętach często szukamy maksymalnej wartości (na rurze) bezpośrednio nad tymi płytami bieguna podczas pomiaru „bezpośredniego na magnesie”.

EHEDG to konsorcjum producentów wyposażenia, przedsiębiorstw działających w przemyśle spożywczym, instytutów badawczych i organów zdrowia publicznego utworzone w 1989 roku; najistotniejszym celem konsorcjum jest promowanie higieny w trakcie przetwarzania i pakowania żywności i produktów chemicznych.



Pomiary gęstości strumienia i ich interpretacja ciąg dalszy

Innym częstym pomiarem podczas określania wydajności separatora magnetycznego jest pomiar gęstości strumienia w pewnej odległości od magnesu. Pomiar ten jest miarą głębokości pola trzymania. W tym celu często wybierana jest wartość orientacyjna wynosząca kilkaset gausów, a my określamy odległość do magnesu, gdzie mierzymy tę wartość. Firma Goudsmit używa na przykład wartości docelowej 3mT (300G). Wartość ta została wybrana na podstawie eksperymentów, w których cząstki znajdujące się nad magnesem prętowym są uwalniane i w których określa się, w jakiej odległości magnes ten nadal przyciąga cząstki.

Gęstość strumienia magnetycznego w pewnej odległości od magnesu jest rzeczywiście jednym z czynników decydujących o sile działającej na obecne tu cząstki. To sprawia, że jest to czynnik determinujący zdolność systemu separacji do przyciągania cząstek z tej odległości i przyciągania ich do magnesu.

Pomiary gęstości strumienia w separatorach magnetycznych można wykonywać stosunkowo łatwo (można to zrobić przy użyciu złączy). Pomiary te są zatem popularne wraz z szeroką dostępnością mierników gęstości strumienia. Mimo że gęstość strumienia magnetycznego określa moc separacji separatora, *nie są to jedyne* czynniki.

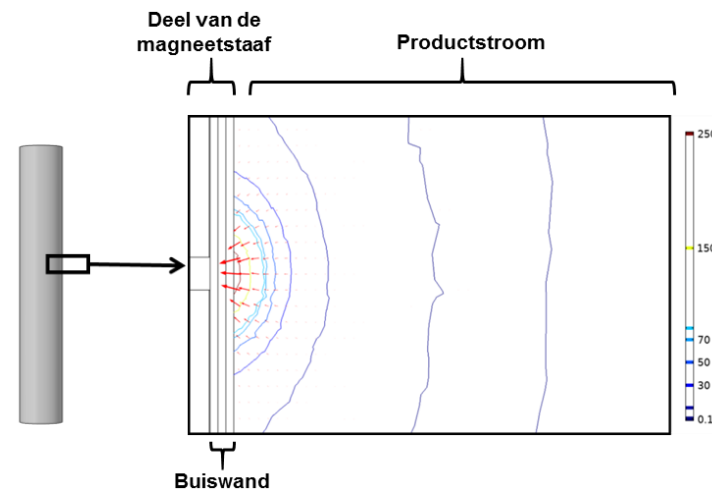
Umożliwia to wykorzystanie tych pomiarów wyłącznie do określenia lub porównania wydajności jednego lub większej liczby separatorów magnetycznych tylko w ograniczonym zakresie, na przykład podczas określania spadku siły magnetycznej określonego separatora w czasie (na przykład przez wysokie temperatury) lub podczas porównywania wydajności dwóch lub większej liczby separatorów tego samego typu, które są używane w tych samych warunkach procesu.

W dalszej części niniejszego dokumentu omówimy, jakie inne czynniki są nam potrzebne do uzyskania pełnego obrazu możliwości separacji filtra magnetycznego.

Sama gęstość strumienia magnetycznego nie wystarcza – wskaźnik siły

Siła magnetyczna na cząsteczce, która ma być wychwytywana, jest nie tylko funkcją rozmiaru gęstości strumienia, ale również *stopnia zmiany* tego rozmiaru *na przestrzeni*. Nazywamy go również gradientem zmian. Aby zapewnić większą precyzję: jeśli gęstość strumienia magnetycznego wewnątrz i wokół cząsteczki, która ma być wychwytywana jest niska, magnes może nadal prawidłowo wychwytywać tę cząsteczkę, o ile gradient tej gęstości strumienia jest wystarczająco wysoki. Firma Goudsmit stosuje tę zasadę w separatorach magnetycznych o wysokiej gradientowości (HGMS).

Dokładniej: siła wywierana na cząsteczkę, która ma zostać wychwytana, jest funkcją mnożenia gęstości strumienia i gradientu. Ten produkt określamy mianem wskaźnika siły (T^2/m). Wartości indeksu siły na ścianie pręta magnetycznego wokół stalowej płyty słupa przedstawiono na poniższym rysunku:



Wskaźnik siły/gęstość (T^2/m) w pobliżu pręta magnetycznego w pobliżu płyty słupa.

Wskaźnik siły ma kierunek oraz rozmiar; jest on przedstawiony na rysunku według kierunku lub długości czerwonych strzałek. Wskazują one kierunek i wielkość siły działającej na cząstki. Rysunek przedstawia również kontury o stałym rozmiarze indeksu siły.

Sama gęstość strumienia magnetycznego nie jest wystarczająca – wskaźnik siły trwa

nadal

Jak widać na poprzedniej ilustracji, indeks siły zwiększa się wraz ze zmniejszaniem się odległości od płyty słupka. Jak wskazuje kierunek i rozmiar strzałek, cząstki są zasysane w kierunku płyty stojaka. Wyjaśnia to również, dlaczego w praktyce występuje największy osad wychwyconych cząstek, co widać na poniższym rysunku.



Pręty magnetyczne stosowane w magnetycznych systemach separacji. Cząstki uchwycone na pręcie w pobliżu płyt stojaka gromadzą się, ponieważ wskaźnik siły jest tam najwyższy.

Osady na rurze występują mniej więcej na grubości stalowych płyt stojaka. Z tego względu wydaje się, że wybór tej grubości jest logiczny. Jednak wartości indeksu siły na rurze również zmniejszają się wraz ze wzrostem grubości. Wybór odpowiedniej grubości dla tych ilustracji jest zatem równowagą pomiędzy większą siłą trzymania cząstek (pożądana jest płytka z cienkim słupkiem) a pojemnością separatora, tj. przestrzenią na słupku do przechowywania cząstek (pożądana jest gruba płytka z biegunem).

Obliczyliśmy wartości indeksu siły na rysunku na poprzedniej stronie, stosując metodę tzw. elementów skończonych. Firma Goudsmit często wykorzystuje to do oceny separatorów magnetycznych, oprócz ich testowania.

Wpływ warunków przepływu

Dobrze jest również zdać sobie sprawę, że warunki przepływu (prędkość produktu, lepkość, ...) w systemie separacji mają co najmniej tyle samo ważnego wpływu na stopień separacji, co siła i głębokość magnetycznego pola utrzymującego. Na przykład wyższa prędkość spowoduje niższą wydajność separacji, ponieważ magnesy mają mniej czasu na przyciąganie cząstek. Wybór mocniejszych magnesów w systemie separacji doprowadzi do zwiększenia mocy separacji, ale nie można zagwarantować pozytywnego efektu, jeśli prędkość przepływu produktu w systemie wzrośnie w tym samym czasie.

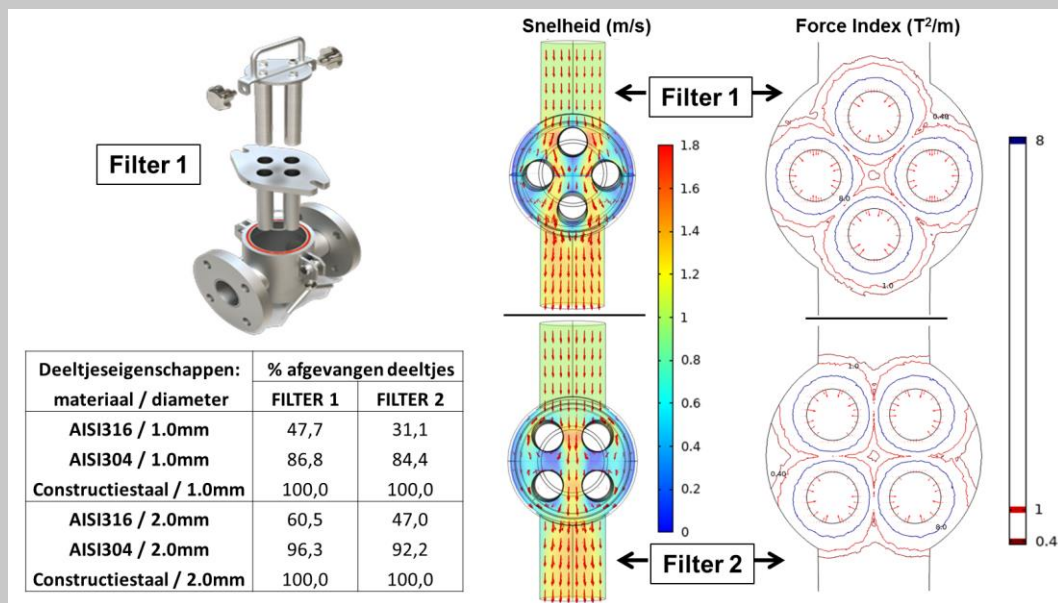
Lepkość lub „troferancja” przepływu produktu również wpływa na zdolność separacji filtra magnetycznego. Wyższa lepkość tego przepływu utrudni przepływ cząstek przez przepływ produktu i pociąganie w kierunku magnesów.



Magnetyczny system separacji podczas pracy

Wpływ warunków przepływu ciąg dalszy

Nie tylko wysokość prędkości przepływu produktu przez system separacji odgrywa rolę, ale także *wzór*, z którym przepływa on wewnątrz systemu. Inny rozkład prędkości przepływu wzdłuż magnesów określonego systemu separacji może prowadzić do różnych parametrów separacji. Dzieje się tak dlatego, że cząsteczki mogą przepływać wzdłuż magnesów z większą prędkością i/lub w większej odległości, znacznie zmniejszając ryzyko wychwytywania tych cząstek. Widzimy to na przykład na poniższym rysunku. W tym przypadku porównujemy profil przepływu i procent przechwyconych cząstek dla systemu rozdzielania Goudsmit (Filtr 1) z tym samym systemem w tych samych warunkach przepływu, ale obracamy się za pomocą prętów 45° (Filtr 2). Jak widać, odsetek separacji dla filtra 2 jest znacznie niższy, szczególnie dla nierdzewnych cząstek RVS316. Prawdopodobną przyczyną jest to, że większa ilość cząstek przepływa przez środek filtra, gdzie nie stykają się z prętami i gdzie wskaźnik siły jest niski.

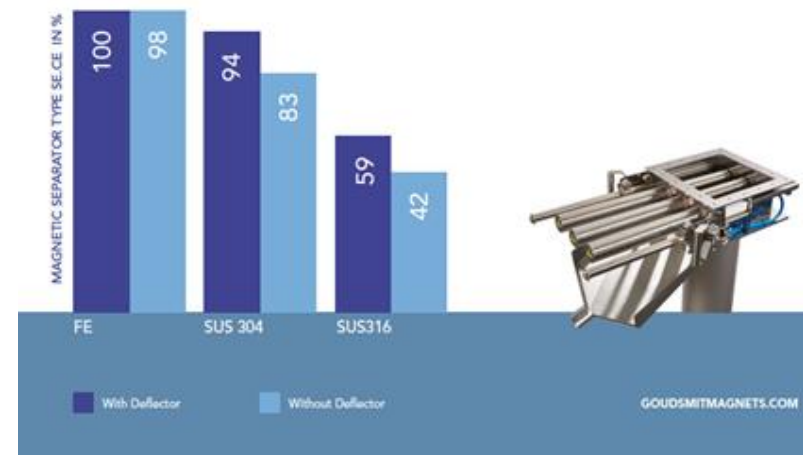


Porównanie zdolności separacji (i) filtra magnetycznego SSFN005038 Goudsmit (Filtr 1) i (ii) tego samego filtra z magnesami prętowymi obraca się o 45° (Filtr 2). Woda przepływa przez oba filtry z prędkością wejściową 1 m/s i ciśnieniem na wyjściu 1 bara.

Właściwości cząstek również odgrywają rolę

Możemy wyraźnie wywnioskować z poprzedniego przykładu, prawdopodobieństwo wychwytywania cząstek w systemie separacji magnetycznej zależy również od *materiału* i *wielkości* tych cząstek. N.B. 304 i 316 SS są mniej magnetyczne niż stal konstrukcyjna, co skutkuje niższymi procentami separacji. Ponadto *kształt* cząstki wpływa również na prawdopodobieństwo złapania. Te zależności nie są wyrażone w pomiarach gęstości strumienia magnetycznego.

Magnetic Separation efficiency
for metal parts $\varnothing 0.8 \times 2 \text{ mm}$



Magnetyczny system separacji firmy Goudsmit (po prawej) i powiązane wartości mocy separacji wyrażone jako procent przechwyconych cząstek (po lewej). Deflektor jest obiektem – rurą lub paskiem – który celowo jest umieszczany w przepływie w celu zmiany wzoru przepływu i tym samym zwiększenia zdolności separacji.

W przykładzie na poprzedniej stronie ponownie wykorzystaliśmy metodę elementu skończonego, zarówno dla pola magnetycznego, jak i dla pola przepływu produktu. Dzięki tzw. śledzeniu cząstek obliczyliśmy, ile cząstek określonego typu próbki można przechwycić o określonej średnicy.

Jaka jest wartość pomiarów gęstości strumienia podczas oceny separatorów magnetycznych?

W separacji magnetycznej gęstość strumienia magnetycznego jest czynnikiem determinującym, ale nie jedynym czynnikiem dla siły magnetycznej, która działa na cząstki, które mają być wychwytywane. W rezultacie zmierzone gęstości strumienia w filtrze magnetycznym są prawidłowe, ale niewystarczające do separacji filtra. W celu przeprowadzenia pełnej oceny systemu separacji magnetycznej musimy również wziąć pod uwagę gradient strumienia magnetycznego (lub odpowiednik wskaźnika siły), warunki przepływu produktu oraz właściwości cząstek, które mają zostać wychwytywane.



YouTube:

Związek między gęstością strumienia magnetycznego a separacją:

<https://drive.google.com/file/d/1SRY0esYJWPloIFgPQaJnLADba6dwQUsS/view?usp=sharing>

Jak mierzyć gęstość strumienia magnetycznego:

<https://www.youtube.com/watch?v=XBqD7HFXWd0>

Indeks siły

https://www.youtube.com/watch?v=zgEG_Baqsrs

FEM – metoda elementów skończonych

<https://youtu.be/97RcfKic3y8>

<https://youtu.be/OOaClbPLxCs>

Więcej informacji?

www.goudsmitmagnets.com

Tel.: +31 (0)40 2213283

Martijn Leskens: ml@goudsmit.eu