

GOUDSMIT

MAGNETICS

**De waarde van magnetische fluxdichtheid metingen
voor magneetscheiders**

Inleiding



Het hoofdgebouw van Goudsmit Magnetics in Waalre

Martijn Leskens

Goudsmit Magnetic Systems
Petunialaan 19
5582 HA, Waalre, The Netherlands
www.goudsmitmagnet.com
ML@goudsmit.eu

De mate van werking van een magnetisch scheidingsstelsel bepalen we vaak met magnetische veldmetingen. In dat geval meten we de *magnetische fluxdichtheid* op één of meerdere plaatsen in de scheider.

Deze metingen gebruiken we regelmatig – bewust of onbewust - als enige maatstaf voor het scheidend vermogen van magneetscheiders. In specifieke situaties kunnen deze metingen een voldoende beeld daarvan geven, zoals voor het bepalen van de afname in magnetische kracht – en daarmee scheidend vermogen - van een specifieke scheider over de tijd. Of voor het onderling vergelijken van de prestaties van twee of meer dezelfde type scheiders die onder dezelfde procescondities worden gebruikt.

Over het algemeen echter is dat niet het geval en moeten we meer aspecten dan alleen fluxdichtheidsmetingen meenemen bij het bepalen van het scheidend vermogen van een magnetische scheider. Dat verduidelijken we in dit document.

Inhoud



Een fluxdichtheidsmeter (linksboven) en de toepassing daarvan op een magnetisch scheidingsysteem (rechtsonder)

Fluxdichtheid-metingen en hun interpretaties

De magnetische fluxdichtheid alleen is niet genoeg – de Force Index

Invloed van stromingscondities

Deeltjeseigenschappen spelen ook een rol

Wat is de waarde van fluxdichtheid-metingen bij de evaluatie van magneetscheiders?

Fluxdichtheid-metingen en hun interpretaties



Een magnetisch scheidingsysteem

Om te bepalen hoe goed een magnetische scheider werkt, meten we vaak de magnetische fluxdichtheid in de directe nabijheid van de magneet en/of op enige afstand daarvan. De eenheid waarin we deze fluxdichtheid meten is Tesla (T), wat de officiële (SI) eenheid is, of vaak nog Gauss (G) (1T = 10000G); een onofficiële en enigszins verouderde eenheid.

De meest gangbare meting is in de directe nabijheid van de magneet. Omdat de magnetische fluxdichtheid varieert over de ruimte, zoeken we daar naar de maximale fluxdichtheid. De meting is vaak niet op de magneet zelf maar op een roestvast stalen (RVS) plaat of buis om de magneet heen, die aangebracht is om de levensduur van de magneet te verhogen en om aan hygiëne-eisen te voldoen*. We moeten daarbij goed beseffen dat de magnetische fluxdichtheid dan al behoorlijk afgenomen kan zijn ten opzichte van de waarde op de magneet zelf. Dit komt doordat de magnetische fluxdichtheid dichtbij een magneet snel afneemt in grootte bij toenemende afstand tot de magneet. Deze afname kan zelfs over een paar millimeter afstand al aanzienlijk zijn. Dit heeft ook als gevolg dat metingen nooit exact de fluxdichtheid op de magneet – of RVS plaat of buis eromheen – aangeven, maar een lagere waarde. Een meetinstrument (zie figuur op pagina 3) heeft namelijk een bepaalde dikte en meet dus daardoor op enige afstand van het oppervlak.

De magnetische fluxdichtheid in de directe nabijheid van een magneet is één van de bepalende factoren voor de kracht op de hier aanwezige deeltjes. Dit maakt het een bepalende factor voor het vermogen van een scheidingsysteem om deeltjes dicht bij de magneet te vangen en deze daar gevangen te houden (totdat ze via een reinigingsstap worden verwijderd).

Vaak bestaan magnetische scheiders uit één of meerdere RVS buizen die in de productstroom worden geplaatst. Deze buizen bevatten zowel magneten als stalen plaatjes waarin het magnetisme geconcentreerd wordt en naar buiten geleid wordt in de productstroom. In de buurt van deze plaatjes is de fluxdichtheid het grootst. Voor dergelijke magneetstaaf gebaseerde scheidingsystemen zoeken we daarom bij metingen 'direct op de magneet' dan ook vaak naar de maximale waarde (op de buis) direct boven deze poolplaatjes.

*Goudsmit is lid van EHEDG, een consortium van fabrikanten van apparatuur, voedselindustriebedrijven, onderzoeksinstituten en volksgezondheidsautoriteiten dat zich als doel heeft gesteld om de hygiëne te bevorderen tijdens de verwerking en verpakking van voedingsmiddelen en chemicaliën.

Fluxdichtheid-metingen en hun interpretaties vervolg

Een andere gangbare meting bij het bepalen van de prestatie van een magnetische scheider is een fluxdichtheidsmeting op enige afstand van de magneet. Deze meting gebruiken we dan als maat voor de diepte van het vangveld. Vaak wordt hiertoe een richtwaarde van enkele honderden Gauss gekozen en bepalen we de afstand tot de magneet waar we deze waarde meten. Goudsmit gebruikt bijvoorbeeld als richtwaarde 0,3mT (300G). Deze waarde is gekozen op basis van experimenten, waarbij deeltjes boven een staafmagneet zijn losgelaten en waarbij bepaald is op welke afstand deze magneet de deeltjes nog aantrekt.

De magnetische fluxdichtheid op een bepaalde afstand tot de magneet is inderdaad één van de bepalende factoren voor de kracht op de hier aanwezige deeltjes. Daarmee is het ook een bepalende factor voor het vermogen van een scheidingssysteem om deeltjes op die afstand aan te kunnen trekken en naar de magneet toe te kunnen trekken.

Metingen van fluxdichtheden in magnetische scheidingsapparaten kunnen we relatief eenvoudig uitvoeren (evt. met behulp van hulpstukken). Deze metingen zijn daardoor – samen met de ruime beschikbaarheid van fluxdichtheidsmeters - populair. Echter, ook al zijn magnetische fluxdichtheden bepalende factoren voor het scheidend vermogen van een scheider, het zijn *niet de enige* factoren.

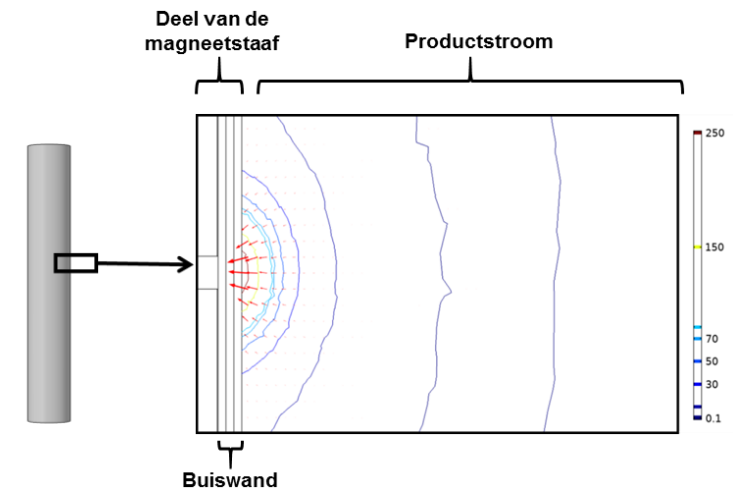
Dit maakt het gebruik van alleen deze metingen voor het bepalen of vergelijken van de prestatie van één of meerdere magnetische scheidingsapparaten slechts beperkt mogelijk, zoals bijvoorbeeld bij het bepalen van de afname in magnetische kracht van een specifieke scheider over de tijd (bijvoorbeeld door hoge temperaturen) of bij het onderling vergelijken van de prestaties van twee of meer dezelfde type scheidingsapparaten die onder dezelfde procescondities worden gebruikt.

Welke factoren we nog meer nodig hebben om een compleet beeld van het scheidend vermogen van een magnetisch filter te verkrijgen, bespreken we in het vervolg van dit document.

De magnetische fluxdichtheid alleen is niet genoeg – de Force Index

De magnetische kracht op een af te vangen deeltje is niet alleen een functie van de grootte van de fluxdichtheid, maar ook van de *mate van verandering* van deze grootte *over de ruimte*. Deze mate van verandering noemen we ook wel *gradiënt*. Om preciezer te zijn: als de magnetische fluxdichtheid in en rondom een af te vangen deeltje laag is, kan de magneet dit deeltje nog steeds goed afvangen, zolang de gradiënt van deze fluxdichtheid maar hoog genoeg is. Dit principe gebruikt Goudsmit in High Gradient magnetische scheidingsapparaten (HGMS).

Meer specifiek: de kracht op een af te vangen deeltje is een functie van de vermenigvuldiging van fluxdichtheid en gradiënt. Dit product duiden we aan als *Force Density* of *Force Index* (T^2/m). Force Index waarden bij de wand van een magneetstaaf rond het stalen poolplaatje zijn afgebeeld in onderstaande figuur:



Force Index / Density (T^2/m) bij een magneetstaaf in de buurt van een poolplaatje.

De Force Index heeft zowel een richting als een grootte; dit geven we in de figuur aan door de richting resp. lengte van de rode pijlen. Deze geven de richting resp. grootte aan van de kracht die op de deeltjes werken. Ook contouren van constante Force Index grootte zijn aangegeven in de figuur.

De magnetische fluxdichtheid alleen is niet genoeg – de Force Index vervolg

Zoals te zien is in de vorige figuur neemt de Force Index toe naarmate de afstand tot het poolplaatje afneemt. Zoals de richting en grootte van de pijlen aangeven, worden de deeltjes naar het poolplaatje toegetrokken. Dit verklaart ook waarom daar ook de grootste afzetting van afgevangen deeltjes plaatsvindt in de praktijk, zoals te zien is in de figuur hieronder.



Magneetstaven gebruikt in magnetische scheidingssystemen. Gevangen deeltjes verzamelen zich op de staaf nabij de poolplaatjes omdat daar de Force Index het hoogst is.

De afzettingen op de buis vinden ongeveer over de dikte van de stalen poolplaatjes plaats. Het lijkt dus in eerste instantie logisch om deze dikte zo groot mogelijk te kiezen. Echter, de Force Index waarden op de buis bij de poolplaatjes neemt ook af bij toenemende dikte. De keuze voor een bepaalde dikte voor deze plaatjes is daarmee dus een afweging tussen, aan de ene kant, een grotere vasthoudkracht van de deeltjes (dunne poolplaat gewenst) en, aan de andere kant, de *capaciteit* van de scheider, d.w.z. de ruimte op de staaf om deeltjes vast te houden (dikke poolplaat gewenst).

De Force Index waarden in de figuur op de vorige pagina hebben we berekend met de zogenaamde eindige-elementen methode. Hiervan maakt Goudsmit veelvuldig gebruik bij de evaluatie van magneetscheiders, naast het testen ervan.

Invloed van stromingscondities

Het is eveneens goed te beseffen dat de stromingscondities (productsnelheid, viscositeit, ...) in het scheidingssysteem een minstens zo'n belangrijke invloed hebben op de mate van scheiding als de sterkte en diepte van het magnetische vangveld. Zo zal een hogere snelheid voor een lager scheidend vermogen zorgen, doordat de magneten minder tijd krijgen om de deeltjes naar zich toe te trekken. De keuze voor sterkere magneten in een scheidingssysteem zal leiden tot een verhoogd scheidend vermogen, maar dat positieve effect kan niet gegarandeerd worden als tegelijkertijd de snelheid van de productflow in het systeem toeneemt.

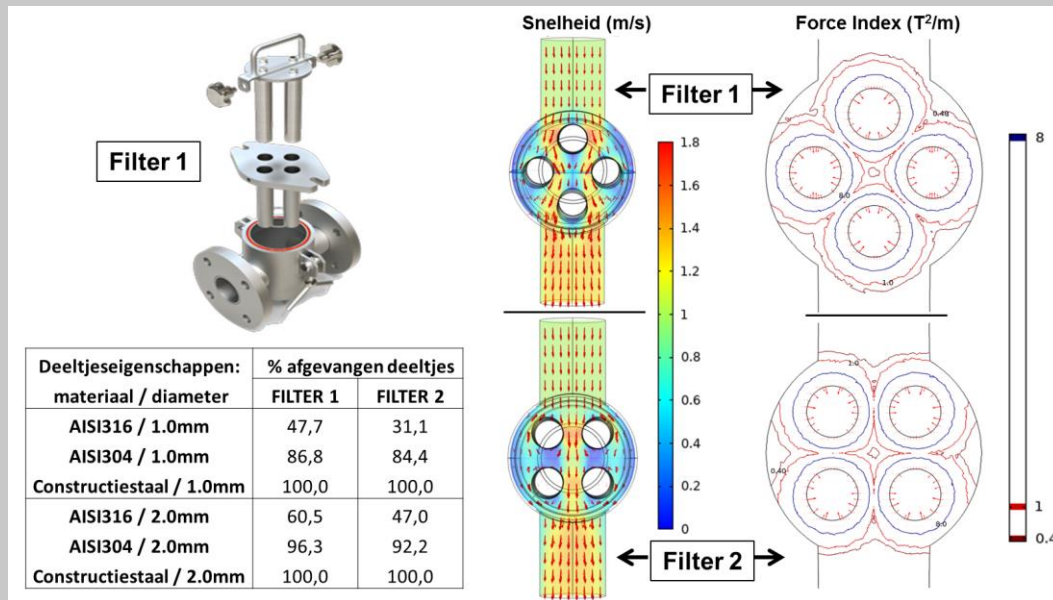
De viscositeit of 'stroperigheid' van de productflow heeft ook een invloed op het scheidend vermogen van een magnetisch filter. Een hogere viscositeit van deze flow zal ervoor zorgen dat deeltjes moeilijker door de productflow kunnen stromen en naar de magneten toe kunnen trekken.



Een magnetisch scheidingssysteem in bedrijf

Invloed van stromingscondities vervolg

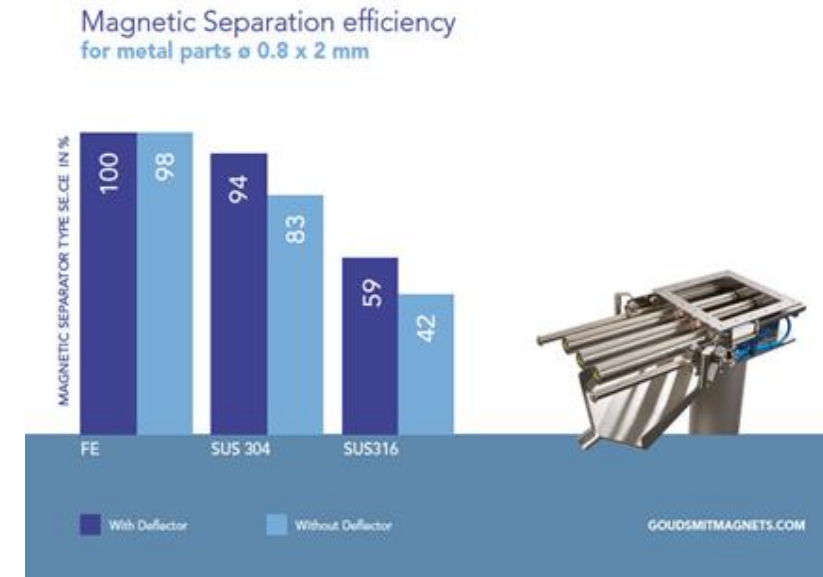
Niet alleen de hoogte van de snelheid van de productflow door het scheidingssysteem speelt een rol, maar ook *het patroon* waarmee deze flow intern door het systeem stroomt. Een andere verdeling van de stroomsnelheden langs de magneten van een bepaald scheidingssysteem kan tot andere scheidingsprestaties leiden. Dan zouden deeltjes namelijk met hogere snelheid en/of op grotere afstand langs de magneten kunnen stromen, waardoor de kans op afvangen van deze deeltjes aanzienlijk kan afnemen. Dit zien we bijvoorbeeld in onderstaande figuur. Hier vergelijken we het stromingsprofiel en percentage afgevangen deeltjes voor een Goudsmit scheidingssysteem (Filter 1) met die van hetzelfde systeem onder dezelfde stromingscondities maar met de staven 45° gedraaid (Filter 2). Zoals we kunnen zien, is het scheidingspercentage voor Filter 2 aanzienlijk lager voor met name RVS316 deeltjes. De waarschijnlijke oorzaak hiervan is dat een grotere hoeveelheid deeltjes door het midden van het filter stroomt, waar deze geen staaf tegenkomen en waar de Force Index laag is.



Vergelijking van de scheidingsvermogens van (i) het SSFN005038 Goudsmit magneetfilter (Filter 1) en (ii) datzelfde filter met de staafmagneten 45° verdraaid (Filter 2). Door beide filters stroomt water met eeningangssnelheid van 1m/s en met een druk aan de uitgang van 1bar.

Deeltjeseigenschappen spelen ook een rol

Zoals we uit voorgaand voorbeeld duidelijk af kunnen leiden, hangt de vangkans van een deeltje in een magnetische scheidingssysteem ook af van het *materiaal* en de *grootte* van dat deeltje. N.B. RVS 304 en 316 zijn minder magnetiseerbaar dan constructiestaal, wat leidt tot lagere scheidingspercentages. Daarnaast heeft ook de *vorm* van het deeltje invloed op de vangkans. Deze afhankelijkheden komen niet tot uiting in metingen van de magnetische fluxdichtheid.



Een Goudsmit magnetisch scheidingssysteem (rechts) en bijbehorende waarden voor het scheidingsvermogen, uitgedrukt in percentage afgevangen deeltjes (links). Een deflector is een object - een buis of strip - die doelbewust in de stroming is geplaatst om het stromingspatroon te veranderen en daarmee het scheidend vermogen te vergroten.

Bij het voorbeeld op de vorige pagina hebben we wederom gebruik gemaakt van de eindig-elementen methode, zowel voor het magnetische veld als voor het stromingsveld van het product. Met het zogenaamde *particle tracing* hebben we berekend hoeveel deeltjes van een bepaalde staalsoort met een bepaalde diameter afgevangen kunnen worden.

Wat is de waarde van fluxdichtheid-metingen bij de evaluatie van magneetscheiders?

Bij magnetische scheiding is de magnetische fluxdichtheid een bepalende, maar niet de enige factor voor de magnetische kracht die op de af te vangen deeltjes werkt. Daarmee zijn gemeten fluxdichtheden in een magnetisch filter een valide, maar niet voldoende maat voor het scheidend vermogen van dat filter. Voor de volledige evaluatie van een magnetisch scheidingssysteem moeten we ook de gradiënt van de magnetische flux (of, equivalent daaraan, de Force Index), de stromingscondities van het product en de eigenschappen van de af te vangen deeltjes meenemen.



Youtube:

Het verband tussen magnetische fluxdichtheid en separatie:

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

Hoe magnetische fluxdichtheden te meten:

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

Force index:

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

De eindige-elementen methode:

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

<https://youtu.be/OOaClbPLxCs>

Meer informatie?

www.goudsmitmagnets.com

Tel.: +31 (0)40 2213283

Martijn Leskens: ml@goudsmit.eu