

GOUDSMIT

MAGNETICS

**Der Wert der Messungen der magnetischen Flussdichte
für magnetische Separatoren**

Einleitung



Das Hauptgebäude von Goudsmit Magnetische Systeme in Waalre

Martijn Leskens, M.Sc.

Goudsmit Magnetische
Systeme Petunialaan
195582 HA, Waalre, Niederlande www.goudsmitmagnet.com
ML@goudsmit.eu

Wir bestimmen oft den Grad des Betriebs eines magnetischen Trennsystems mit Hilfe von Magnetfeldmessungen. In diesem Fall messen wir die *magnetische Flussdichte* an einer oder mehreren Stellen im Separator.

Diese Messungen nutzen wir regelmäßig – bewusst oder unbewusst – als einzige Maßnahme für die Trennfähigkeit magnetischer Separatoren. In bestimmten Situationen können diese Messungen ein ausreichendes Bild davon liefern, wie zum Beispiel zur Bestimmung der Abnahme der magnetischen Kraft – und somit der Trennleistung – eines bestimmten Separators im Laufe der Zeit. Oder um die Leistung von zwei oder mehr der gleichen Arten von Separatoren zu vergleichen, die unter den gleichen Prozessbedingungen verwendet werden.

Im Allgemeinen ist dies jedoch nicht der Fall, und wir müssen bei der Bestimmung der Trennleistung eines magnetischen Separators mehr Aspekte berücksichtigen als nur Flussdichtemessungen. Dies wird in diesem Dokument erläutert.

Inhalt



Ein Flussdichtemesser (oben links) und seine Anwendung auf ein magnetisches Trennsystem (unten rechts)

Messungen der Flussdichte und deren Interpretationen

Die magnetische Flussdichte allein reicht nicht aus – der Force Index

Einfluss der Strömungsbedingungen

Partikel Eigenschaften spielen auch eine Rolle

Was ist der Wert der Messungen der Flussdichte bei der Bewertung magnetischer Separatoren?

Messungen der Flussdichte und deren Interpretationen



Ein Magnetfilter

Um festzustellen, wie gut ein magnetischer Separator funktioniert, messen wir oft die magnetische Flussdichte in unmittelbarer Nähe des Magneten und/oder in einiger Entfernung davon. Die Einheit, in der wir diese Flussdichte messen, ist Tesla (T), die die offizielle (SI) Einheit ist, oder oft Gauß (G) ($1\text{T} = 10000\text{G}$); eine inoffizielle und etwas veraltete Einheit.

Die häufigste Messung erfolgt in unmittelbarer Nähe des Magneten. Da die magnetische Flussdichte über den Raum variiert, suchen wir dort nach der maximalen Flussdichte. Die Messung erfolgt oft nicht auf dem Magneten selbst, sondern auf einer Edelstahlplatte (Edelstahl) oder einem Rohr um den Magneten herum, die zur Erhöhung der Lebensdauer des Magneten und zur Erfüllung der Hygieneanforderungen angewendet wird*. Dabei müssen wir uns bewusst sein, dass die magnetische Flussdichte dann im Vergleich zum Wert auf dem Magneten selbst schon deutlich reduziert werden kann. Dies liegt daran, dass die magnetische Flussdichte in der Nähe eines Magneten mit zunehmendem Abstand zum Magneten schnell in der Größe abnimmt. Dieser Rückgang kann sogar über wenige Millimeter beträchtlich sein. Dies bedeutet auch, dass Messungen niemals genau die Flussdichte auf dem Magneten – oder Edelstahlblech oder -rohr um ihn herum – angeben, sondern einen niedrigeren Wert. Ein Messgerät (siehe Abbildung auf Seite 3) hat eine bestimmte Dicke und misst daher in einiger Entfernung von der Oberfläche.

Die magnetische Flussdichte in unmittelbarer Nähe eines Magneten ist einer der bestimmenden Faktoren für die Kraft auf die hier vorhandenen Partikel. Dies macht es zu einem bestimmenden Faktor für die Fähigkeit eines Trennsystems, Partikel in der Nähe des Magneten zu erfassen und dort festzuhalten (bis sie über einen Reinigungsschritt entfernt werden).

Magnetische Separatoren bestehen häufig aus einem oder mehreren Edelstahlrohren, die in den Produktfluss platziert werden. Diese Rohre enthalten sowohl Magnete als auch Stahlplatten, in denen der Magnetismus konzentriert und im Produktstrom nach außen geführt wird. In der Nähe dieser Platten ist die Flussdichte die größte. Für solche magnetischen Stab-basierten Trennsysteme suchen wir daher oft nach dem Maximalwert (auf dem Rohr) direkt über diesen Polplatten, wenn wir „direkt auf dem Magneten“ messen.

EHEDG ist ein Konsortium von Anlagenherstellern, der Nahrungsmittelindustrie, Forschungsinstituten und Gesundheitsbehörden, das 1989 mit dem wichtigsten Ziel gegründet wurde, die Hygiene bei der Verarbeitung der Verpackung von Nahrungsmitteln und Chemikalien zu erhöhen.

Messungen der Flussdichte und ihre Interpretationen wurden fortgesetzt

Eine weitere übliche Messung bei der Bestimmung der Leistung eines magnetischen Separators ist eine Flussdichtemessung in einem bestimmten Abstand vom Magneten. Wir verwenden diese Messung als Maß für die Tiefe des Haltefeldes. Zu diesem Zweck wird oft ein Führungswert von mehreren hundert Gauß gewählt und wir bestimmen den Abstand zum Magneten, wo wir diesen Wert messen. Goudsmit verwendet beispielsweise den Zielwert von 0,3mT (300G). Dieser Wert wurde anhand von Experimenten gewählt, in denen Partikel über einem Stabmagneten freigesetzt werden und in welchem Abstand dieser Magnet die Partikel noch anzieht.

Die magnetische Flussdichte in einem bestimmten Abstand vom Magneten ist in der Tat einer der bestimmenden Faktoren für die Kraft auf die hier vorhandenen Partikel. Dies macht es zu einem bestimmenden Faktor für die Fähigkeit eines Trennsystems, Partikel in diesem Abstand anzuziehen und sie zum Magneten zu ziehen.

Messungen der Flussdichten in magnetischen Separatoren können relativ einfach durchgeführt werden (möglicherweise mit Armaturen). Diese Messungen sind daher beliebt, zusammen mit der breiten Verfügbarkeit von Flussdichtemessern. Obwohl jedoch magnetische Flussdichten die Trennleistung eines Separators bestimmen, sind sie *nicht die einzigen* Faktoren.

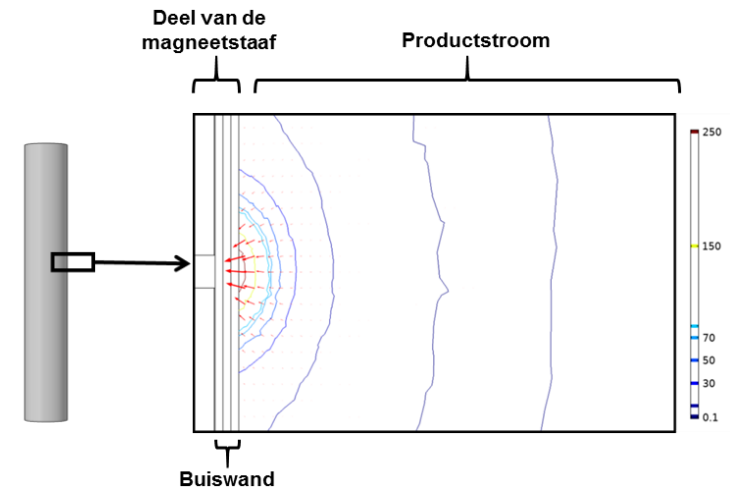
Dies macht es nur möglich, diese Messungen zu verwenden, um die Leistung eines oder mehrerer magnetischer Separatoren nur in begrenztem Umfang zu bestimmen oder zu vergleichen, beispielsweise beim Bestimmen der Abnahme der Magnetkraft eines bestimmten Separators im Laufe der Zeit (zum Beispiel durch hohe Temperaturen) oder beim Vergleich der Leistung von zwei oder mehreren gleichen Arten von Separatoren, die unter den gleichen Prozessbedingungen verwendet werden.

Wir werden im Rest dieses Dokuments besprechen, welche anderen Faktoren wir benötigen, um ein vollständiges Bild der Trennfähigkeit eines Magnetfilters zu erhalten.

Die magnetische Flussdichte allein reicht nicht aus – der Force Index

Die magnetische Kraft auf ein zu erfassendes Teilchen ist nicht nur eine Funktion der Größe der Flussdichte, sondern auch des *Grades der Veränderung* dieser Größe *über den Raum*. Wir nennen auch diesen Grad der Veränderung *Gradienten*. Genauer gesagt: Wenn die magnetische Flussdichte in und um ein zu erfassendes Teilchen niedrig ist, kann der Magnet dieses Teilchen immer noch richtig erfassen, solange der Gradient dieser Flussdichte hoch genug ist. Goudsmit verwendet dieses Prinzip in Magnetischen Separatoren mit hohem Gradienten (HGMS).

Genauer gesagt: Die Kraft auf ein zu erfassendes Partikel ist eine Funktion der Multiplikation von Flussdichte und Gradienten. Wir bezeichnen dieses Produkt als *Force Density of Force Index* (T^2/m). Die Werte des Force Index an der Wand eines Magnetstabs um die Stahlpfostenplatte sind in der folgenden Abbildung dargestellt:



Force Index/Dichte (T^2/m) in der Nähe eines Magnetstabs in der Nähe einer Polplatte.

Der Kraftindex hat eine Richtung sowie eine Größe; dies wird in der Abbildung durch die Richtung oder Länge der roten Pfeile angezeigt. Diese zeigen die Richtung und Größe der Kraft an, die auf den Partikeln wirkt. Die Abbildung zeigt auch Konturen der konstanten Force Index Größe.

Die magnetische Flussdichte allein reicht nicht aus – der Force Index wurde fortgesetzt

Wie in der vorherigen Abbildung zu sehen ist, nimmt der Kraftindex zu, wenn der Abstand zur Polplatte abnimmt. Wie die Richtung und Größe der Pfeile zeigen, werden die Partikel in Richtung der Polplatte gezogen. Dies erklärt auch, warum die größte Ablagerung von erfassten Partikeln in der Praxis stattfindet, wie in der Abbildung unten zu sehen ist.



Magnetstäbe, die in Magnetseparatoren verwendet werden. Partikel, die erfasst werden, sammeln sich auf dem Stab in der Nähe der Polplatten, da der Force Index dort am höchsten ist.

Die Ablagerungen auf dem Rohr finden ungefähr über der Dicke der Stahlpostenplatten statt. Es scheint daher logisch, diese Dicke so viel wie möglich zu wählen. Allerdings nehmen die Werte des Force Index auf dem Rohr für die Polplatten auch mit zunehmender Dicke ab. Die Wahl für eine bestimmte Dicke für diese Bilder ist daher ein Gleichgewicht zwischen einerseits einer größeren Haltekraft der Partikel (dünne Polplatte gewünscht) und andererseits der *Kapazität* des Separators, d. h. dem Raum auf der Stange, um Partikel zu halten (dicke Polplatte gewünscht).

Wir berechneten die Force Index Werte in der Abbildung auf der vorherigen Seite mit der sogenannten Finite-Elemente-Methode. Goudsmit nutzt dies häufig bei der Bewertung von magnetischen Separatoren, zusätzlich zu deren Prüfung.

Einfluss der Strömungsbedingungen

Es ist auch gut zu erkennen, dass die Strömungsbedingungen (Produktgeschwindigkeit, Viskosität, ...) im Trennsystem mindestens so viel Einfluss auf den Grad der Trennung haben wie die Stärke und Tiefe des magnetischen Haltefeldes. Zum Beispiel führt eine höhere Geschwindigkeit zu einer geringeren Trennkapazität, da den Magneten weniger Zeit gegeben wird, um die Partikel anzuziehen. Die Wahl stärkerer Magnete in einem Trennsystem führt zu einer erhöhten Trennleistung, aber dieser positive Effekt kann nicht garantiert werden, wenn die Geschwindigkeit des Produktflusses im System gleichzeitig erhöht wird.

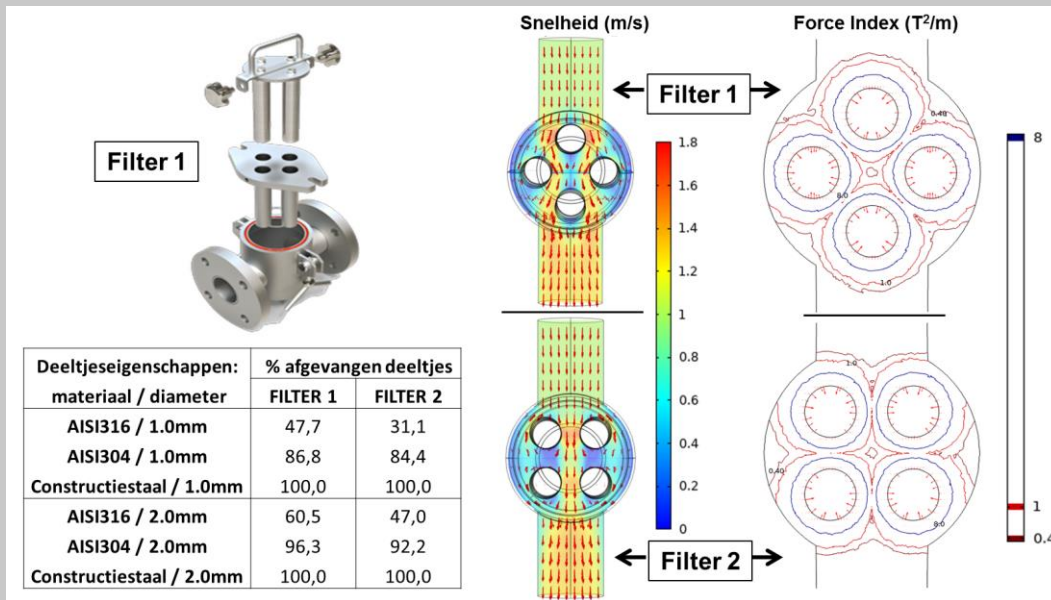
Die Viskosität oder „Troperität“ des Produktflusses beeinflusst auch die Trennkapazität eines Magnetfilters. Eine höhere Viskosität dieses Flusses wird es für Partikel schwieriger machen, durch den Produktfluss zu fließen und in Richtung der Magnete zu ziehen.



Ein Magnetfilter in Betrieb

Einfluss der Strömungsbedingungen fortgesetzt

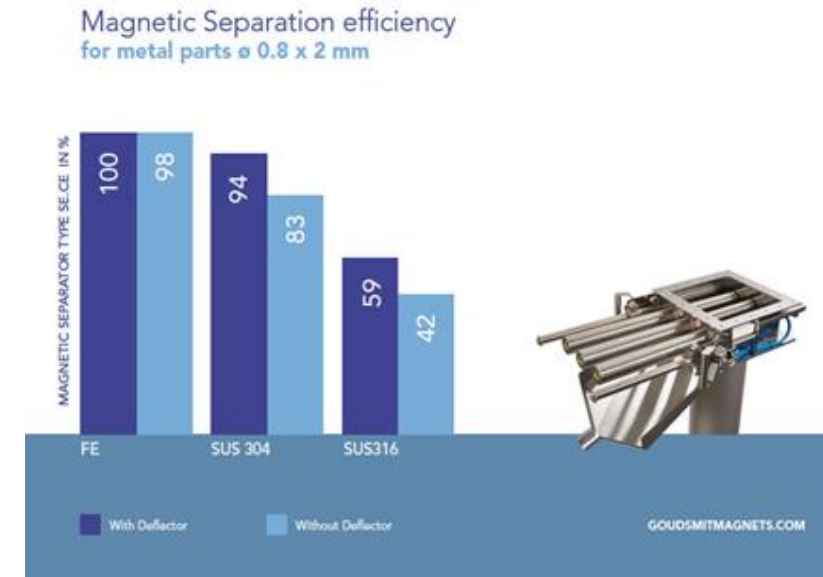
Dabei spielt nicht nur die Höhe der Geschwindigkeit des Produktflusses durch das Trennsystem eine Rolle, sondern auch *das Muster*, mit dem dieser Fluss intern durch das System fließt. Eine weitere Verteilung der Durchflussraten entlang der Magnete eines bestimmten Trennsystems kann zu unterschiedlichen Trennleistungen führen. Dies liegt daran, dass Partikel entlang der Magnete mit einer höheren Geschwindigkeit und/oder in einer größeren Entfernung fließen könnten, was die Wahrscheinlichkeit, dass diese Partikel erfasst werden, erheblich reduziert. Das sehen wir zum Beispiel in der Abbildung unten. Hier vergleichen wir das Durchflussprofil und den Prozentsatz der erfassten Partikel für ein Goudsmit-Trennsystem (Filter 1) mit dem des gleichen Systems unter den gleichen Durchflussbedingungen, aber mit den Balken 45° gedreht (Filter 2). Wie wir sehen können, ist der Trennprozentsatz für Filter 2 deutlich niedriger, insbesondere für nichtrostende RVS316 Partikel. Die wahrscheinliche Ursache dafür ist, dass eine größere Menge von Partikeln durch die Mitte des Filters fließt, wo sie nicht auf einen Stab stoßen und wo der Kraftindex niedrig ist.



Vergleich der Trennkapazitäten von (i) dem SSFN005038 Goudsmit Magnetfilter (Filter 1) und (ii) dass sich der gleiche Filter mit den Stabmagneten 45° dreht (Filter 2). Wasser fließt mit einer Eingangsgeschwindigkeit von 1 m/s und mit einem Druck bei der Leistung von 1 bar durch beide Filter.

Partikel Eigenschaften spielen auch eine Rolle

Wie wir aus dem vorhergehenden Beispiel deutlich ableiten können, hängt die Wahrscheinlichkeit, ein Partikel in einem magnetischen Trennsystem zu fangen, auch vom *Material* und der *Größe* dieses Partikels ab. N.B. 304 und 316 SS sind weniger magnetisch als Baustahl, was zu niedrigeren Trennungsprozentsätzen führt. Darüber hinaus beeinflusst die *Form* des Partikels auch die Wahrscheinlichkeit, gefangen zu werden. Diese Abhängigkeiten werden nicht in Messungen der magnetischen Flussdichte ausgedrückt.



Ein magnetisches Trennsystem von Goudsmit (rechts) und zugehörige Trennleistungswerte, ausgedrückt als Prozentsatz der erfassten Partikel (links). Ein Deflektor ist ein Objekt - ein Rohr oder Streifen -, das absichtlich in den Fluss platziert wird, um das Strömungsmuster zu ändern und damit die Trennfähigkeit zu erhöhen.

Im Beispiel auf der vorherigen Seite haben wir wieder das Finite-Element-Verfahren verwendet, sowohl für das Magnetfeld als auch für das Strömungsfeld des Produkts. Mit der sogenannten *Partikelverfolgung* berechneten wir, wie viele Partikel einer bestimmten Art von Probe mit einem bestimmten Durchmesser erfasst werden können.

Was ist der Wert der Messungen der Flussdichte bei der Bewertung magnetischer Separatoren?

Bei der magnetischen Trennung ist die magnetische Flussdichte ein bestimmender Faktor, aber nicht der einzige Faktor für die magnetische Kraft, die auf den zu erfassenden Partikeln wirkt. Infolgedessen sind gemessene Flussdichten in einem Magnetfilter eine gültige, aber nicht ausreichende Größe für die Trennkapazität dieses Filters. Für die vollständige Bewertung eines magnetischen Trennsystems müssen wir auch den Gradienten des magnetischen Flusses (oder gleichwertig mit dem Force Index), die Strömungsbedingungen des Produkts und die Eigenschaften der zu erfassenden Partikel berücksichtigen.



YouTube:

Der Zusammenhang zwischen magnetischer Flussdichte und Trennung:
<https://drive.google.com/file/d/1SRY0esYJWPIoIFgPQaJnLADba6dwQUsS/view?usp=sharing>

Wie man magnetische Flussdichten misst:
<https://www.youtube.com/watch?v=XBqD7HFXWd0>

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

FEM – Finite Elements Method
<https://youtu.be/97RcfKic3y8>
<https://youtu.be/OOaCibPLxCs>

Weitere Informationen?

www.goudsmitmagnets.com

Tel.: +31 (0)40 2213283

Martijn Leskens: ml@goudsmit.eu