

GOUDSMIT

MAGNETICS

Hodnota měření hustoty magnetického toku pro magnetické separátory

Předmluva



Hlavní budova společnosti Goudsmit Magnetics ve Waalre

Martijn Leskens,

Goudsmit Magnetic
Systems Petunialaan
195582 HA, Waalre, Nizozemsko www.goudsmitmagnet.com
ML@goudsmit.eu

Stupeň provozu systému magnetické separace často určujeme pomocí měření magnetického pole. V takovém případě měříme hustotu *magnetického toku* na jednom nebo více místech v separátoru.

Tato měření – vědomě nebo nevědomě – používáme pravidelně jako jediné měření separační kapacity magnetických separátorů. Ve specifických situacích mohou tato měření poskytnout dostatečný obraz, například pro stanovení poklesu magnetické síly – a tím i separačního výkonu – konkrétního separátoru v průběhu času. Nebo pro porovnání výkonu dvou nebo více stejných typů separátorů, které se používají za stejných podmínek procesu.

Obecně to však není případ a při určování separačního výkonu magnetického separátoru musíme zahrnout více aspektů než jen měření hustoty toku. To je vysvětleno v tomto dokumentu.

Obsah



Měřič hustoty toku (vlevo nahoře) a jeho aplikace na magnetický separační systém (vpravo dole)

Měření hustoty toku a jejich interpretace

Samotná hustota magnetického toku nestačí – index síly

Vliv podmínek průtoku

Vlastnosti částic také hrají roli

Jaká je hodnota měření hustoty toku při vyhodnocování magnetických separátorů?

Měření hustoty toku a jejich interpretace



Magnetický separační systém

Abychom zjistili, jak dobře magnetický separátor funguje, často měříme hustotu magnetického toku v bezprostřední blízkosti magnetu a/nebo v určité vzdálenosti od něj. Jednotkou, ve které měříme tuto hustotu toku, je Tesla (T), což je oficiální jednotka (SI), nebo často Gauss (G) (1T = 10000G neoficiální a poněkud zastaralá jednotka).

Nejběžnější měření je v bezprostřední blízkosti magnetu. Protože hustota magnetického toku se v různých prostorech liší, hledáme zde maximální hustotu toku. Měření často není na samotném magnetu, ale na desce z nerezové oceli (nerezové oceli) nebo trubce kolem magnetu, která se používá pro prodloužení životnosti magnetu a splnění hygienických požadavků*. Přitom si musíme být dobře vědomi toho, že hustota magnetického toku může být již tak výrazně snížena v porovnání s hodnotou na samotném magnetu. To proto, že hustota magnetického toku blízko magnetu se rychle zmenšuje s rostoucí vzdáleností k magnetu. Tento pokles může být značný i přes několik milimetrů. To také znamená, že měření nikdy přesně neindikují hustotu toku na magnetu – nebo na plechu z nerezové oceli nebo trubce kolem něj – ale nižší hodnotu. Měřicí přístroj (viz obrázek na straně 3) má určitou tloušťku, a proto měří v určité vzdálenosti od povrchu.

Hustota magnetického toku v bezprostřední blízkosti magnetu je jedním z určujících faktorů síly působící na zde přítomné částice. To z něj činí určující faktor pro schopnost separačního systému zachytit částice v blízkosti magnetu a udržet je zachycené (dokud nejsou odstraněny krokem čištění).

Magnetické separátory se často skládají z jedné nebo více trubek z nerezové oceli, které jsou umístěny v toku produktu. Tyto trubky obsahují magnety a ocelové desky, ve kterých je magnetismus koncentrován a veden směrem ven v toku produktu. V blízkosti těchto desek je hustota toku největší. U takových magnetických separačních systémů tedy často hledáme maximální hodnotu (na trubici) přímo nad těmito deskami pólů, když měříme „přímo na magnetu“.

EHEDG je sdružením výrobců zařízení, organizací potravinářského průmyslu, výzkumných institucí a orgánů veřejného zdraví a bylo založeno v roce 1989 s nejdůležitějším cílem propagace hygieny v průběhu zpracování a balení potravin a chemikálií.

Měření hustoty toku a jejich interpretace – pokračování

Dalším běžným měřením při určování výkonu magnetického separátoru je měření hustoty toku v určité vzdálenosti od magnetu. Toto měření používáme jako měřítko hloubky aretačního pole. Pro tento účel se často volí orientační hodnota několika set Gaussů a určujeme vzdálenost k magnetu, kde tuto hodnotu měříme. Společnost Goudsmit používá například cílovou hodnotu 3mT (300G). Tato hodnota byla zvolena na základě experimentů, ve kterých jsou uvolněny částice nad tyčovým magnetem a při které je určena vzdálenost, při které tento magnet ještě částice přitahuje.

Hustota magnetického toku v určité vzdálenosti od magnetu je skutečně jedním z určujících faktorů síly působící na zde přítomné částice. To z něj činí rozhodující faktor pro schopnost separačního systému přitahovat částice na tuto vzdálenost a přitahovat je k magnetu.

Měření hustoty toku v magnetických separátorech lze provádět relativně snadno (možná pomocí tvarovek). Tato měření jsou proto populární, spolu s širokou dostupností měřičů hustoty toku. Avšak i když hustoty magnetického toku určují separační výkon separátoru, *nejsou to jediné faktory*.

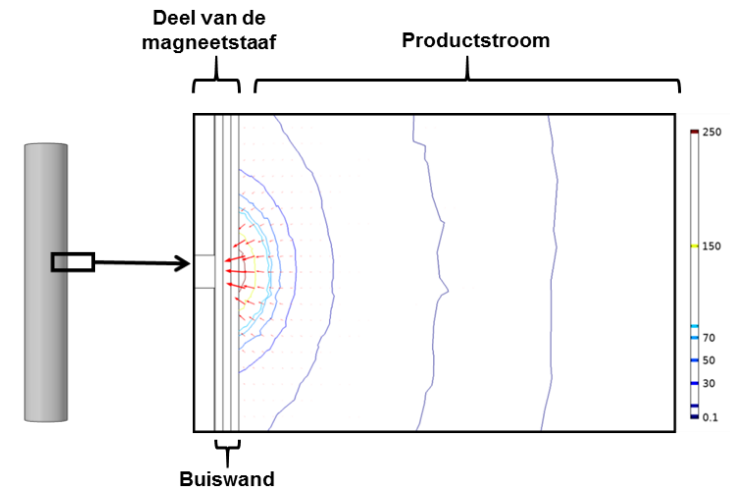
To umožňuje použít tato měření pouze pro určení nebo porovnání výkonu jednoho nebo více magnetických separátorů pouze v omezené míře, například při určování poklesu magnetické síly konkrétního separátoru v průběhu času (například vysokými teplotami) nebo při porovnání výkonu dvou nebo více stejných typů separátorů, které se používají za stejných podmínek zpracování.

Ve zbývající části tohoto dokumentu probereme, které další faktory potřebujeme k získání kompletního obrázku separační kapacity magnetického filtru.

Samotná hustota magnetického toku nestačí – index síly

Magnetická síla částic, které mají být zachyceny, není pouze funkcí velikosti hustoty toku, ale také *stupněm změny* této velikosti v prostoru. Tento stupeň změny se také nazývá gradient. Aby byla přesnější: pokud je hustota magnetického toku v zachycené částici a kolem ní nízká, magnet může tuto částici stále správně zachytit, pokud je gradient této hustoty toku dostatečně vysoký. Společnost Goudsmit používá tento princip v magnetických separátorech s vysokým gradientem (HGMS).

Konkrétněji: síla na částici, která má být zachycena, je funkcí vynásobení hustoty a gradientu toku. Tento produkt označujeme jako index *hustoty síly* (T^2/m). Hodnoty indexu síly na stěně magnetické tyče kolem ocelové desky pólů jsou znázorněny na následujícím obrázku:



Index síly / hustota (T^2/m) v blízkosti magnetické tyče v blízkosti desky pólů.

Index síly má směr i velikost; to je znázorněno na obrázku směrem nebo délkou červených šipek. Ty označují směr a velikost síly, která působí na částice. Obrázek také zobrazuje obrysy konstantní velikosti indexu síly.

Samotná hustota magnetického toku nestačí – index síly pokračoval

Jak je vidět na předchozím obrázku, index síly se zvyšuje s klesající vzdáleností od pólové desky. Jak ukazuje směr a velikost šipek, částice jsou natahovány směrem k desce pólů. To také vysvětluje, proč se v praxi odehrává největší ložisko zachycených částic, jak je vidět na obrázku níže.



Magnetické tyče používané v magnetických separačních systémech. Částice zachycené na tyči v blízkosti tyčových desek, protože index síly je nejvyšší.

Usazeniny na trubce se usazují přibližně přes tloušťku ocelových tyčových desek. Proto se zdá logické zvolit tuto tloušťku co nejvíce. Hodnoty indexu síly na trubce pro desky pólů se však také snižují se zvyšující se tloušťkou. Volba určité tloušťky pro tyto obrázky je proto rovnováhou mezi na jedné straně větší přídržnou silou částic (požadovaná tenká deska pólů) a na druhé straně kapacitou odlučovače, tj. prostorem na tyči pro držení částic (požadována silná deska pólů).

Vypočítali jsme hodnoty indexu síly na obrázku na předchozí stránce pomocí tzv. metody konečných prvků. Společnost Goudsmit toto často používá při vyhodnocování magnetických separátorů, kromě jejich testování.

Vliv podmínek průtoku

Je také dobré si uvědomit, že podmínky průtoku (rychlost produktu, viskozita, ...) v separačním systému mají alespoň tolik důležitého vlivu na stupeň separace, jako je síla a hloubka magnetického pole pro zachycení. Například vyšší rychlost způsobí nižší separační kapacitu, protože magnetům je dán menší čas na přitažlivost částic. Volba silnějších magnetů v separačním systému povede ke zvýšení separačního výkonu, ale tento pozitivní účinek nelze zaručit, pokud se rychlost toku produktu v systému zvýší současně.

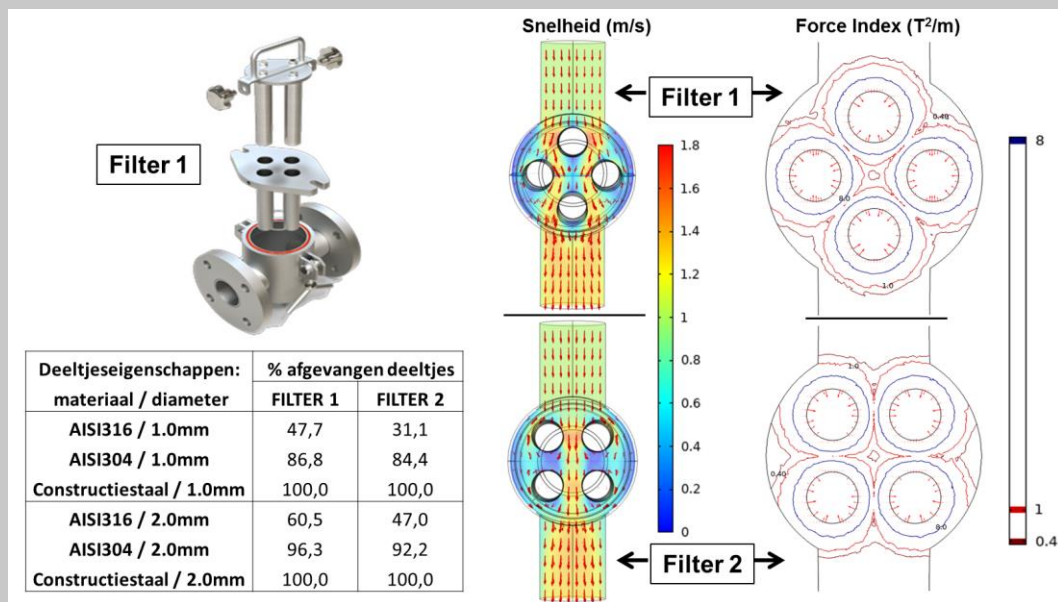
Viskozita nebo „troperita“ toku produktu také ovlivňuje separační kapacitu magnetického filtru. Vyšší viskozita tohoto průtoku způsobí, že částice budou obtížněji proudit průtokem produktu a tahem směrem k magnetům.



Magnetický separační systém v provozu

Vliv podmínek průtoku pokračování

Nejenže hraje roli výška rychlosti toku produktu separačním systémem, ale také *vzor*, se kterým tento tok proudí uvnitř systému. Další rozložení průtokových rychlostí podél magnetů konkrétního separačního systému může vést k odlišným separačním výkonům. Je tomu tak proto, že částice by mohly proudit podél magnetů vyšší rychlostí a/nebo ve větší vzdálenosti, což významně snižuje pravděpodobnost zachycení těchto částic. Vidíme to například na obrázku níže. Zde porovnáme profil průtoku a procento zachycených částic pro separační systém Goudsmit (filtr 1) s profilem stejného systému za stejných podmínek průtoku, ale otočeným tyčemi 45° (filtr 2). Jak vidíme, procento separace filtru 2 je výrazně nižší, zejména u nerezových částic RVS316. Pravděpodobnou příčinou je, že středem filtru protéká větší množství částic, kde se neseťkají s tyčinkou a kde je index síly nízký.

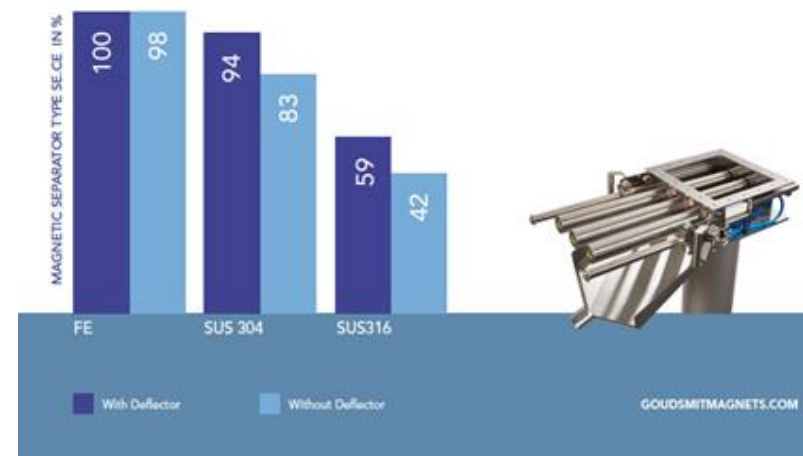


Porovnání separačních kapacit (i) magnetického filtru (filtru 1) a (ii) od společnosti SSFN005038 Goudsmit a stejného filtru s tyčovými magnety se otáčí o 45° (filtr 2). Voda proudí přes oba filtry se vstupní rychlostí 1 m/s a tlakem na výstupu 1 bar.

Vlastnosti částic také hrají roli

Protože můžeme jasně odvodit z předchozího příkladu, šance na zachycení částice v systému magnetické separace závisí také na *materiálu* a *velikosti* této částice. Poznámky: 304 a 316 nerezová ocel jsou méně magnetické než konstrukční ocel, což má za následek nižší procento separace. Kromě toho *tvar* částice také ovlivňuje šanci, že se zachytí. Tyto závislosti nejsou vyjádřeny v měřeních hustoty magnetického toku.

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



Systém magnetické separace Goudsmit (vpravo) a související hodnoty separačního výkonu, vyjádřené jako procento zachycených částic (vlevo). Deflektor je předmět – trubice nebo proužek – který je cíleně umístěn v průtoku, aby změnil vzorec průtoku a tím zvýšil separační kapacitu.

V příkladu na předchozí stránce jsme opět použili metodu konečného prvku jak pro magnetické pole, tak pro průtokové pole výrobku. Pomocí tzv. výsledování částic jsme vypočítali, kolik částic určitého typu vzorku může být zachyceno určitým průměrem.

Jaká je hodnota měření hustoty toku při vyhodnocování magnetických separátorů?

Při magnetické separaci je hustota magnetického toku určujícím faktorem, ale ne jediným faktorem magnetické síly, která pracuje na zachycených částicích. V důsledku toho jsou naměřené hustoty toku v magnetickém filtru platné, ale nejsou dostatečné pro separační kapacitu tohoto filtru. Pro úplné vyhodnocení systému magnetické separace musíme také vzít v úvahu gradient magnetického toku (nebo ekvivalentní indexu síly), podmínky toku produktu a vlastnosti částic, které mají být zachyceny.



Služba YouTube:

Vztah mezi hustotou magnetického toku a separací:

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

Jak měřit hustotu magnetického toku:

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

Index síly

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

FEM – metoda konečných prvků

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

<https://youtu.be/OOaCibPLxCs>

Další informace?

www.goudsmitmagnets.com

Tel.: +31 (0)40 2213283

Martijn Leskens: ml@goudsmit.eu