

よく知られているように一粒子あたりに働く力について次の関係式がある。 δQ は溶媒であるケロシンと考えている粒子に関してのある物理量 Q の差であるとする。表 0.0.2 工具諸元に諸量をまとめた。

鉄粉に関して、磁力による影響が支配的に大きいことが確認できた。逆に砥粒に関しては

これは実験的にも確認できる。図??に研磨加工時の円管内面での圧力測定結果を示す。工具回転数 1000rpm での工具 TypeA、TypeB、TypeC それぞれにおいて、大気圧を基準とするゲージ圧の最大値は 50kPa 程度以下であり大気圧 101.3kPa に比べ小さく、負圧はほとんど観測されない。すなわち流体研削特有の円管内面にかかる大気圧程度の研削圧は、最大 50 パーセント程度の増化にとどまっており円管内面の研削に及ぼす影響は支配的ではないと考えることができる。また Huiru Guo らが行った実験 [?] によると、研削量は剪断応力の支配的な影響を受けており研削圧力の影響は小さいと考えられる。したがって本研究では磁気浮力によって円管内面に及ぼされる圧力の変化を考慮しなかった。なお遠心力や重力による圧力の影響は MCF の体積が小さいことから、極めて小さく無視できる。

単位体積あたりの重力 f_{grav} , 遠心力 f_{cent} , 磁力 f_{mag} , 1 粒子あたりの重力 F_{grav} , 遠心力 F_{cent} , 磁力 F_{mag} についてそれぞれ

$$f_{grav} = \rho g \quad (1)$$

$$\begin{aligned} F_{grav} &= mg \\ &= \frac{\rho \pi d^3 g}{6} \end{aligned} \quad (2)$$

$$f_{cent} = \frac{\rho R \omega^2}{2} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} F_{cent} &= \frac{m R \omega^2}{2} \\ &= \frac{\rho \pi d^3 R \omega^2}{12} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} f_{mag} &= -\mathbf{M} \cdot \nabla \mathbf{H} \\ &= -\mu_0 \chi \mathbf{H} \cdot \nabla \mathbf{H} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} F_{mag} &= -v \mathbf{M} \cdot \nabla \mathbf{H} \\ &= -\frac{\mu_0 \pi d^3 \chi \mathbf{H} \cdot \nabla \mathbf{H}}{6} \end{aligned} \quad (6)$$

0.0.1 鉄粉について

式 2,4,6, 表 0.0.2 より鉄粉に働く力 f^{iron} は、

$$\begin{aligned} f_{grav}^{iron} &= \rho g \\ &= (7.86 \times 10^3) \times 9.8 [N/m^3] \\ &= 7.70 \times 10^4 [N/m^3], \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned} F_{grav}^{iron} &= \frac{\rho \pi d^3 g}{6} \\ &= \frac{(7.86 \times 10^3) \times \pi \times (1.2 \times 10^{-6})^3 \times 9.8}{6} [N] \\ &= 6.97 \times 10^{-14} [N], \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} f_{cent}^{iron} &= \frac{\rho R \omega^2}{2} \\ &= \frac{(7.86 \times 10^3) \times (15 \times 10^{-3}) \times (\frac{1000 \times 2\pi}{60})^2}{2} [N/m^3] \\ &= 6.46 \times 10^5 [N/m^3], \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned} F_{cent}^{iron} &= \frac{\rho \pi d^3 R \omega^2}{12} \\ &= \frac{(7.86 \times 10^3) \times \pi \times (1.2 \times 10^{-6})^3 \times (15 \times 10^{-3}) \times (\frac{1000 \times 2\pi}{60})^2}{12} [N] \\ &= 5.85 \times 10^{-13} [N], \end{aligned} \tag{10}$$

$$\begin{aligned} f_{mag}^{iron} &= -\mu_0 \chi \mathbf{H} \cdot \nabla \mathbf{H} \\ &= -(4\pi \times 10^{-7}) \times 2000 \times (1.6 \times 10^5) \times (1.2 \times 10^8) [N/m^3] \\ &= -4.83 \times 10^{10} [N/m^3], \end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned} F_{mag}^{iron} &= -\frac{\mu_0 \pi d^3 \chi \mathbf{H} \cdot \nabla \mathbf{H}}{6} \\ &= -\frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times \pi \times (1.2 \times 10^{-6})^3 \times 2000 \times (1.6 \times 10^5) \times (1.2 \times 10^8)}{6} [N] \\ &= -4.36 \times 10^{-8} [N]. \end{aligned} \tag{12}$$

0.0.2 砥粒について

式 2,4,6, 表 0.0.2 より砥粒にはたらく力 f^{abr} は、

$$\begin{aligned} f_{grav}^{abr} &= \rho g \\ &= (3.4 \times 10^3) \times 9.8 [N/m^3] \\ &= 3.33 \times 10^4 [N/m^3], \end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned} F_{grav}^{abr} &= \frac{\rho \pi d^3 g}{6} \\ &= \frac{(3.4 \times 10^3) \times \pi \times (3 \times 10^{-6})^3 \times 9.8}{6} [N] \\ &= 4.71 \times 10^{-13} [N], \end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned} f_{cent}^{abr} &= \frac{\rho R \omega^2}{2} \\ &= \frac{(3.4 \times 10^3) \times (15 \times 10^{-3}) \times (\frac{1000 \times 2\pi}{60})^2}{2} [N/m^3] \\ &= 2.80 \times 10^5 [N/m^3], \end{aligned} \tag{15}$$

$$\begin{aligned} F_{cent}^{abr} &= \frac{\rho \pi d^3 R \omega^2}{12} \\ &= \frac{(3.4 \times 10^3) \times \pi \times (3 \times 10^{-6})^3 \times (15 \times 10^{-3}) \times (\frac{1000 \times 2\pi}{60})^2}{12} [N] \\ &= 3.95 \times 10^{-12} [N], \end{aligned} \tag{16}$$

$$\begin{aligned} f_{mag}^{abr} &= -\mu_0 \chi \mathbf{H} \cdot \nabla \mathbf{H} \\ &= -(4\pi \times 10^{-7}) \times (-0.098) \times (1.6 \times 10^5) \times (1.2 \times 10^8) [N/m^3] \\ &= 2.36 \times 10^6 [N/m^3], \end{aligned} \tag{17}$$

$$\begin{aligned} F_{mag}^{abr} &= -\frac{\mu_0 \pi d^3 \chi \mathbf{H} \cdot \nabla \mathbf{H}}{6} \\ &= -\frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times \pi \times (3 \times 10^{-6})^3 \times (-0.098) \times (1.6 \times 10^5) \times (1.2 \times 10^8)}{6} [N] \\ &= 3.34 \times 10^{-11} [N]. \end{aligned} \tag{18}$$

工具外径 $R[\text{mm}]$	15	工具回転数 $[\text{rpm}]$	1000
磁場の強さ $H[\text{A/m}]$	1.6×10^5	磁場の強さの勾配 $\nabla H[\text{A/m}^2]$	1.8×10^8
外径 (鉄粉) $d^{\text{iron}}[\mu\text{m}]$	1.2	外径 (砥粒) $d^{\text{abr}}[\mu\text{m}]$	3
密度 (鉄粉) $\rho^{\text{iron}}[\text{g/cm}^3]$	7.86	密度 (砥粒) $\rho^{\text{abr}}[\text{g/cm}^3]$	3.4
磁化率 (鉄粉) χ^{iron}	2000	磁化率 (砥粒) χ^{abr}	-0.098

表 1: MCF 諸元

重力加速度 $g [\text{m/s}^2]$	9.8	真空の透磁率 $\mu_0[\text{H/m}]$	$4\pi \times 10^{-7}$
--------------------------	-----	----------------------------	-----------------------

表 2: 物理諸量