

4 極型同極対向着磁プロセスによる磁束密度の 52 %強化 ボンド磁石の作製

○磯上 慎二

(独立行政法人 国立高等専門学校機構 福島高専)

Fabrication of bonded magnets with 52 % increased flux density
via homopolar magnetization

Shinji Isogami

(Fukushima National College of Technology)

1. はじめに 永久磁石単体表面からの漏洩磁束密度を強化するため、我々は3極の磁極を有する同極対向着磁プロセスを構築し、励磁強度の最適化、適合磁石材料の選定を行ってきた。その結果、サイドの磁極と平行に磁粉配向した異方ボンド磁石材料において、最大で約30%の強化を見出した¹⁾。しかし更なる強化限界や焼結材料に対する着磁特性の研究は行われていない。従って本研究では、磁極を3極から4極に増やした新たな形態の同極対向着磁プロセスの構築と着磁特性の評価を目的とした。

2. 実験方法 Fig. 1 は4極の磁極をもつ同極対向着磁ヨークを正面から見た概念図と、用いたパルス電源回路図を示す。対称的に配置した磁極を一体化し4系統の磁気閉回路を構成した。励磁電流のパルス波幅は125 μs 、波高値 (I_{ex}) は20 kAを最大とした。被着磁材料は、サイズ： $6 \times 12 \times 24 \text{ cm}^3$ 、材料：Sm-Fe-N と Nd-Fe-B 磁粉から成る異方性および等方性ボンド成形体、Nd 焼結体をモデルとした。磁粉配向 (異方性) 方向は、Fig. 1 に示すように横方向とした。着磁後の表面磁束密度は、磁石単体の状態にてホールプローバーを用いて測定した。

3. 実験結果 Fig. 2 は同極対向着磁後の異方性ボンド、ならびに焼結磁石の表面における磁束密度強度の最高値 (B_z) を励磁電流に対してプロットした結果を示す。比較として同一材料・サイズの従来磁石の最高 B_z も破線で示す。まず、いずれの材料に対しても B_z は単調に増大し、7 kA 以上にて従来磁石を超えることが見て取れる。そして着磁が飽和している領域において、異方性ボンド材料では+52%、焼結材料では+23%の強化を達成した。これは3極と比較して今回の方が、より材料内深部まで着磁され、その分だけ磁束集束が強まった結果と考えられる。また Fig. 2 矢印で示すように、強化後の異方性ボンド材料の値が従来焼結磁石に匹敵している。これは安価なボンド磁石が焼結磁石を代替する可能性を示唆する重要な結果である。講演会では等方性ボンド磁石材料の結果も示す予定である。

4. 謝辞 本研究は公益財団法人加藤科学振興会、ならびに公益財団法人御器谷科学技術財団の研究助成支援を受けて行われた。

参考文献 1) 境拓哉ら、第157回日本金属学会秋季講演大会 p182 (2015)。

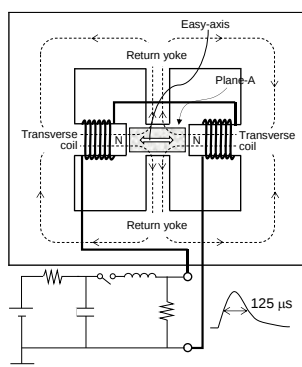


Fig. 1 Designs for 4-pole-type homopolar magnetizing fixture (Front view) and schematic illustration of pulsed power source

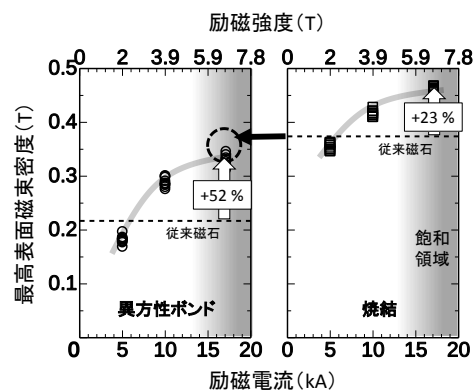


Fig. 2 Surface maximum flux density (B_z) as a function of excitation current.

プッシュプル LC 発振器を用いたゲート駆動回路における高周波化

石橋 尚之, 江下 和輝, 広川 正彦*, 甲木 昭彦
(長崎大, *TDK)

High frequency operation of gate driver using push-pull LC oscillator

N. Ishibashi, K. Eshita, M. Hirokawa*, A. Katsuki

(Nagasaki University, *TDK Corporation)

はじめに

スイッチング電源を高周波化する場合、共振型コンバータが有用である。その出力は基本的に周波数制御されるため、プッシュプル自励型 LC 発振回路によるゲート駆動回路¹⁾等が提案されている。本稿では、入手が容易な個別部品では最小の 1 μ H インダクタと内部キャパシタンスが小さい MOSFET を使って約 15 MHz 駆動回路を製作し、その発振周波数を解析したので報告する。

LC 発振回路の発振周波数

駆動回路を Fig. 1 に示す。静電容量 C_2 がコンバータ主スイッチ S_{main} の入力容量 C_{gs} より十分大きく、かつ $C_1 = C_{gs}$ ならば、左右対称回路とみなせる。Fig. 2 は、 C_1 をパラメータとして抵抗 R_1 と発振周波数 f_{osc} の関係を表した測定結果である。文献 1) では f_{osc} がインダクタンス L 、MOSFET Q_1 、 Q_2 の入力容量 C_{iss} 、及び C_1 、 C_3 によって決まると述べているが、Fig. 2 を見ると R_1 の影響を受けることが分かる。

そこで、ドレイン・ソース間に接続されている $R_1 C_1$ 直列回路を並列回路に等価変換して R_1 の影響を C_1 に反映させて C_{ex} とし、逆伝達容量 C_{rss} によるミラー効果を考慮して C_{iss} を補正して C_{MOS} とし、更にインダクタに用いた直流電源用チョークコイルが Fig. 3 のように大振幅動作する影響を考慮して L を補正し L' とする。このとき、次式

$$f_{osc} = 1 / 2\pi \sqrt{L'(C_{ex} + C_{MOS} + C_3)}, \quad C_{ex} = C_1 / (1 + 4\pi^2 f_{osc}^2 C_1^2 R_1^2)$$

を連立させて求めた f_{osc} のグラフを Fig. 4 に示す。ここで、 $C_{MOS} = C_{ON} + C_{OFF}$ である。 C_{ON} は ON 状態の MOSFET のゲート・ソース間容量 C_{gs} とゲート・ドレイン間容量 C_{gd} の和 C_{iss} であり、 C_{OFF} は OFF 状態の MOSFET のドレイン・ソース間容量 C_{ds} とゲート・ドレイン間容量 C_{gd} の和 C_{oss} である。

約 4 MHz での動作を報告した前稿²⁾と同様の方法で解析でき、解析結果は実験結果とよく一致することが分かった。

参考文献

- 1) P. Shamsi, et al., *IEEE Trans. Power Electron.*, Vol. 27, No. 8, pp. 3725-3733 (2012)
- 2) 石橋他, 第 39 回日本磁気学会学術講演概要集, 10pC-12 (2015)

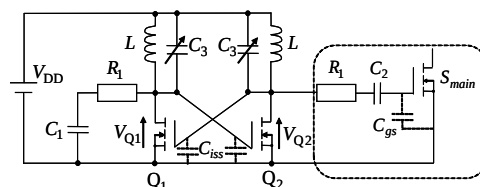


Fig. 1. High frequency gate driver using push-pull LC oscillator.

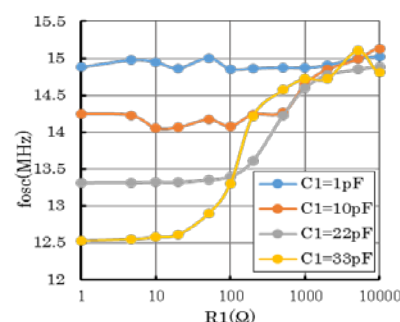


Fig. 2. Measured data on oscillation frequency.

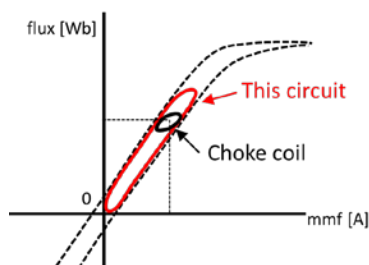


Fig. 3. Magnetizing curve of the inductor L.

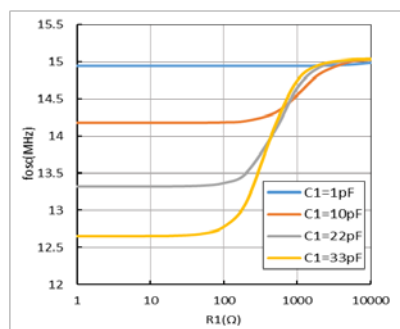


Fig. 4. Analyzed oscillation frequency.

拡張アンカーと細胞診ブラシを備えたカプセル型医療機器

山崎悠貴、本田 崇
(九工大)

Medical capsule device with cytology brush and expansion anchors

Y. Yamasaki and T. Honda

(Kyushu Institute of Technology)

はじめに

著者らはカプセル内視鏡に細胞診機能を付与するために、外部磁界で駆動可能な細胞診ブラシを報告している¹⁾。しかし、その場にとどまる機能がないという欠点があった。今回、ボルトとナットで構成する磁気アクチュエータを新たに採用し、拡張アンカーと細胞診ブラシをカプセル内に構成したので報告する。

素子構成

Fig.1 にカプセル($\phi 11\text{mm} \times 26\text{mm}$)に組み込んだ素子構成を示す。両機能とも、カプセル長軸に設置されたボルトとそれに挿入されたナットが基本構成となる。ボルトは両端で保持され、後部に径方向に着磁された円盤状 NdFeB 磁石が取り付けられている。長軸に垂直な面内に回転磁界を印加すると、磁気トルクによってボルトが回転する。ここでナットが回転しないよう拘束されていれば、送りねじの原理でナットはボルト上を直動する。ナットにはワッシャーを介してスクリーブブラシと3本の拡張アンカーが取り付けられている。ブラシはナットの直動に連動し、突出、擦過、格納の各動作を行う。アンカーは、厚さの異なる2枚の短冊状 PET フィルムを重ねて先端を接着し、内側端部をワッシャーに、外側端部をカプセル筐体にそれぞれ固定している。ナットをブラシが突出する方向に動かすと、内側の PET フィルムを押し込まれ、アンカーはカプセルの外側に大きく拡張する。なお、各部の寸法は図に示す通りである。

実験結果

駆動には、3 軸ヘルムホルツコイルを使用し、バイポーラ電源に接続された PC 及びシナルプロセッサによって駆動磁界を制御した。空気中での実験で各動作を確認した後、実際の環境を模擬するために、カプセルをブタの小腸に挿入し、500Pa の水圧環境下において駆動した。その結果、90Oe 以上において、アンカーが全て拡張することを確認した。Fig.2 にブタ小腸内でアンカーを拡張している様子を示す。図の右上はアンカー拡張時の正面写真（空気中）である。次に、アンカー拡張後のカプセルのブタ小腸内における固定力を測定した。初期状態での固定力が 150mN に対し、拡張後は 1N 以上まで増加した。最後に、細胞診ブラシによる細胞採取の確認を行った。アンカーが全て拡張した後に、回転磁界の回転方向を周期的に反転させ、ブラシを往復運動させたときの擦過長は 2mm であった。11Hz、5sec で擦過後の細胞採取量は、3mg であった。

参考文献

- 1) K. Hajima, M. Yamashita and T. Honda, Int. J. Appl. Electromag. Mech., Vol.50, 167-176(2016)

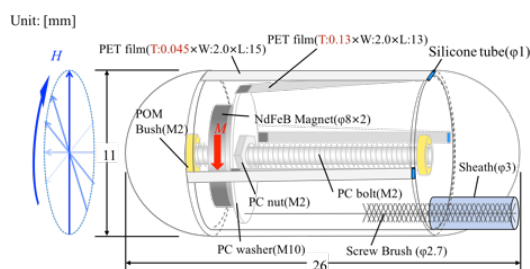


Fig.1 Structure of lead screw type actuator.

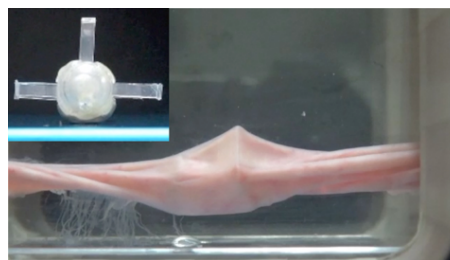


Fig.2 Photograph of operation in a pig's small intestine under water pressure

ポリイミドをねじりバネに使用した磁界駆動型マイクロ羽ばたき機構

大村修平、本田 崇
(九工大)

Magnetically driven flapping micro mechanism using polyimide torsion bars

S. Omura and T. Honda

(Kyushu Institute of Technology)

はじめに

著者らは交流磁界中で駆動する小型の羽ばたき飛翔機構の開発を進めており、50 Oe 程度の低い磁界中でも飛翔できることを実証している。今後更なる小型化を目指すためには、磁石の小型化による磁気トルクの減少や共振周波数の増加に対応する設計が求められる。本報告では、従来リン青銅線を利用したねじりバネにポリイミド(PI)を採用し、推力の評価を行ったので報告する。

素子構成と動作原理

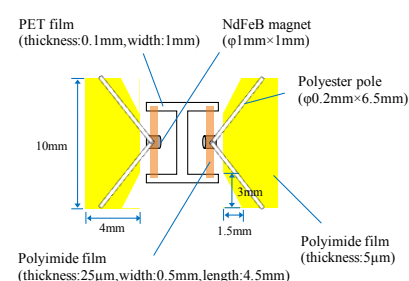
Fig.1 に素子の上面図(a)と側面図(b)を示す。H 形状の PET フィルム(0.1mm 厚)の胴体部と 2 枚の翅から構成される。胴体部にねじりバネとなる PI フィルム(25 μ m 厚)を介して円柱状 NdFeB 磁石(ϕ 1mm $\times$ 1mm)を水平に取り付けている。2 つの磁石の極性は互いに逆向きになるよう配置し、2 つの磁石にそれぞれ翅を取り付けている。翅は V 字形に配した PS 棒(ϕ 0.2mm)に、長さ 4mm、幅 10mm の PI フィルム(5 μ m 厚)を根本部分のみ接着し作製する。翅の形状は付け根側を細く逆テーパ状に加工した。なお、胴体上部には姿勢安定機構として純鉄線(ϕ 0.1mm $\times$ 3 本)を設置した。素子の総重量は約 21mg である。

同図 (b)のように外部から鉛直方向に交流磁界を与えると、磁石は磁気トルクを受けねじりバネを中心に回転振動し羽ばたき運動が起こる。このとき翅の構造上、打ち上げ時には PI フィルムが下方にたわんで抗力を低減し打ち下し時には広がり大きな抗力を得る。この抗力差を上向きの推力として飛翔する。

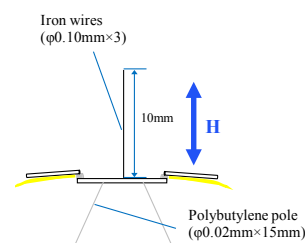
実験結果

Fig.2 に磁界強度 60 Oe 駆動時における推力の周波数特性を示す。同図には比較のためにねじりバネにリン青銅線(ϕ 0.1mm)を使用した場合の結果も示している。推力のピークをとる周波数は、リン青銅線を用いた場合の 215Hz に対し、PI フィルムを用いた場合は 160Hz と大幅に低下した。これは PI フィルムのねじりバネのバネ定数がリン青銅線の 0.59 倍で

あることに対応している。ここで、最大推力に着目すると、両者の最大推力の差はほとんどないことがわかる。これは、PI に変更することで 1 秒間の羽ばたき回数が低下した一方で、羽ばたき角が大きくなったためである。なお、本素子は 65Oe 以上で飛翔することを確認している。



(a) Top view



(b) Side view

Fig.1 Structure of flapping micro-mechanism.

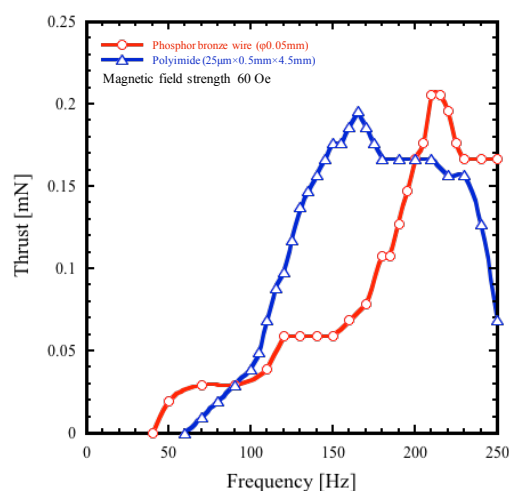


Fig.2 Relation between thrust and frequency.

磁気駆動マイクロポンプを内蔵したノート PC 用液冷システム

山田大生、本田 崇
(九工大)

Liquid cooling system for high end laptop incorporating magnetically driven micropumps

H. Yamada and T. Honda
(Kyushu Institute of Technology)

はじめに

ノート PC の CPU の冷却は通常ファンによる空冷であるが、埃による冷却性能の低下が問題であった。また、ハイエンドのノート PC では CPU の消費電力が 50W 程度に達するものもあり、空冷ファンの冷却能力では限界がある。本研究では、モニター背面に放熱板に利用した液冷システムを構築し、磁気駆動のマイクロポンプを複数個使用することでコンパクトな液冷システムを作製したので報告する。

システム構成

Fig.1 に液冷システムの構成を示す。本システムは、CPU を模したダミーヒーターの上に設置した液冷ジャケット、モニター背面に設置した放熱板(300×400 mm)、マイクロポンプ、ポンプ駆動用のソレノイドコイルで構成されている。ここで、冷却液は 60% に希釈したナイブラインを使用している。また、放熱板の構成は、流路の形を切り取った放熱シリコンゴム板を 2 枚のアルミ板で挟み、モニター側に断熱材を貼り付けたものである。本システムでは、冷却液の循環により、CPU から発生する熱を効率良く移動させ、モニター背面から放熱するしくみになっている。今回、CPU の収束温度を 55℃以下にすることを目標とした。

マイクロポンプ

Fig.2 にマイクロポンプの構成を示す。可動子は、高さ方向に着磁された 2 個の円柱状 NdFeB 磁石($\phi 4\text{mm} \times 1\text{mm}$)の間に、円柱状 NdFeB 磁石($\phi 1\text{mm} \times 0.5\text{mm}$)を 2 つ重ねたものを両端の 2 ヶ所に配置し、片側の NdFeB 磁石($\phi 1\text{mm} \times 0.5\text{mm}$)の間に弾性板として PI フィルムを挟んだものである。これを ABS パイプ(内径 4mm、外径 6mm)の固定子内に挿入し、ポンプを構成する。可動子は、中央部の隙間に差し込んだ回転軸(PI チューブ、 $\phi 0.8\text{mm}$)を介して、固定子内に取り付けている。Fig.3 に動作原理を示す。管長手方向に交流磁界を印加することで、磁石は磁気トルクにより回転軸を中心に首振り運動を行う。それに伴い、弾性板が揺動することで流体を送り出す。液冷システムでは本ポンプを 7 個直列接続し駆動した。その結果、50W のダミーヒーターの表面温度を目標値以下の 52℃にすることに成功した。

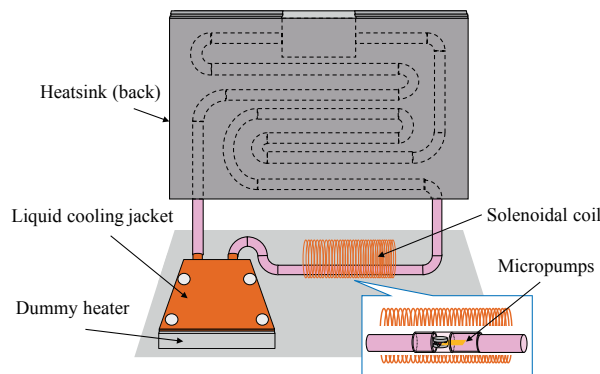


Fig.1 Configuration of liquid cooling system

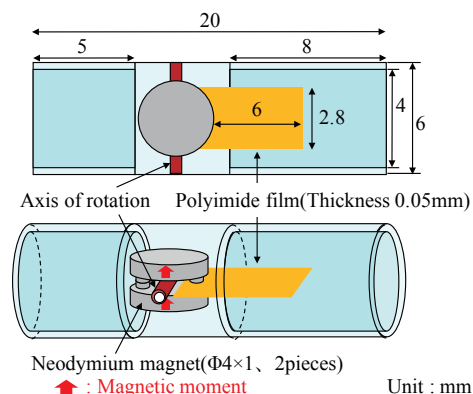


Fig.2 Composition of a micro pump

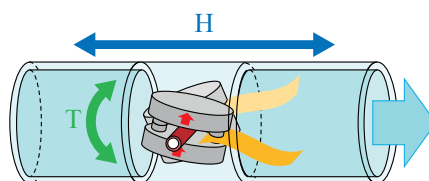


Fig.3 Principle of operation

磁気機能性流体を用いた円管内面研磨用工具設計のための磁界解析

池田 慎治, 山本 久嗣, 水野 夏志, 櫻井 豊, 西田 均
(富山高等専門学校)

Magnetic Field Analysis for Micro processing for Internal Circular Pipe Utilizing Magnetic Compound Fluid
S. Ikeda, H. Yamamoto, N. Mizuno, Y. Sakurai, H. Nishida
(National Institute of Technology, Toyama College)

はじめに

本研究は磁気混合流体(MCF)を用いた精密加工法を対象としている¹⁾²⁾。この加工法は、難削材料を高精度に加工できる特徴がある。MCFは、粒径の異なる磁性微粒子を分散させた粘性流体であり、混合した砥粒をMCFの磁気応答で制御することで加工を行う。加工の要となるMCFの制御は磁束により行うので、加工に最適な磁束分布を発生させることのできる工具の設計技術が必要となる。本研究では工具の設計指針を明確とするため、磁界解析を行い、加工結果との比較検討を行った。

数値解析の方法と実験結果との対応

本研究では、MCF 研磨法の中でも、比較的容易に磁界解析可能な形状である円管内面加工を対象とした。この加工法では、Fig. 1に示すように軸方向にリング状の永久磁石を一定間隔で同一軸上に積層した工具を使用している。工具外側から円管内面に磁束が広がりやすいよう、永久磁石の同極が向き合う形で固定されている。この工具と砥粒を含んだMCFを円管内で回転および往復運動させ、砥粒と被削材との相対運動で加工が行われる。磁界解析では、有限要素法による軸対称2次元静磁界解析とした。

磁束により、MCFは微粒子が多数連結した磁気クラスタ化するため、磁石工具とともに回転させる必要があるが、これまでの検討より、磁気クラスタを維持するには180 mT程度の磁束密度があればよいことが明らかとなっている³⁾。一方、磁束密度が大きくても研磨される部分とされない部分があり、これまで実験的検討が行われてきた¹⁾²⁾。今回の磁界解析の結果の一部をFig. 2に示す。磁束密度を軸方向成分 B_z と半径方向成分 B_r に分離することで、磁束密度の軸方向成分 B_z と研磨量 ΔD に明確な相関がみられた。今後、磁束の方向と磁束密度の勾配、それによる圧力分布や砥粒の動きなど、複合的な要因を一つずつ解明する必要があると考えている。

参考文献

- 1) H. Nishida, et. al., "Influence of Magnetic Field Distribution on Micro Processing for Internal Horizontal Circular Pipe Utilizing Magnetic Functional Fluid", Journal of JSAEM, Vol 22, pp.286-292 (2014)
- 2) Hitoshi Nishida, et. al., "Study of Micro Processing for Inner Tube Walls Utilizing Magnetic Compound Fluid", Journal of JSEM, Vol. 12, No. 4, pp.361-368 (2012)
- 3) 塚田悠太 他, 第38回日本磁気学会学術講演概要集, p.104 (2014)

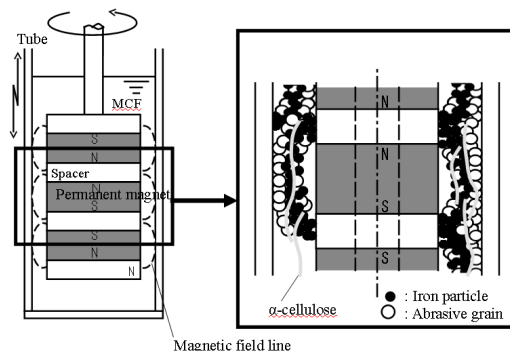


Fig. 1 Schematic diagram of polishing mechanism

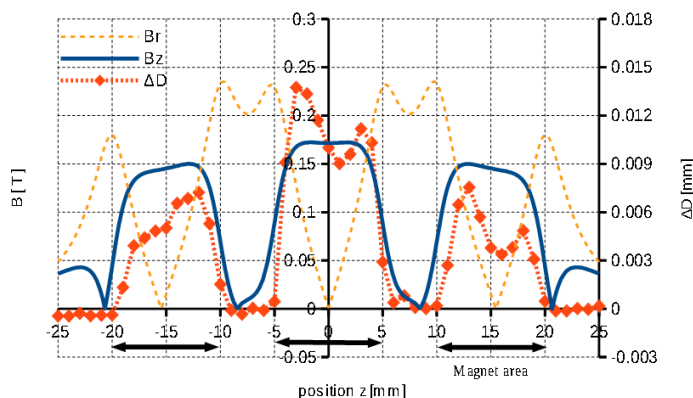


Fig. 2 Magnetic flux density distribution and material removal of inner surface of the pipe as a function of z position