

Construction of the Type I Model of the Permanent Quadrupole for the Drift Tube Linac of the JHP

Kesao NANMO and Eiichi TAKASAKI

National Laboratory for High Energy Physics, KEK

1-1 OHO, TSUKUBA, IBARAKI 305, JAPAN

ABSTRACT

In 1988, the type I model of quadrupole, which was made of the 16 permanent segments of Nd-Fe-B, was designed and constructed. The maximum of the discrepancies between the magnetic center and the mechanical center was about $60\mu\text{m}$. This value was without the tolerance (rms : several μm) required with calculation of the beam dynamics.

Therefore, we searched causes for the decrease of the discrepancy. We found out that it was important to select two permanent segments machined from the same big permanent magnet and symmetrically to install these segments in the magnet holder. Now, these discrepancies were within several μm .

1. はじめに

1988年 電子ビーム溶接でドリフトチューブを製造することを想定し、永久四極磁石が設計され、製造された。図1に、永久四極磁石とドリフトチューブの構成を示す。永久四極磁石は、図2に示されているように、16個のセグメント（要求される磁場勾配を得るため）と磁石ホルダーで構成されている。セグメント及び磁石ホルダーが製造されていれば、磁石の組立は非常に容易である。組立及びセグメント製造について述べる。

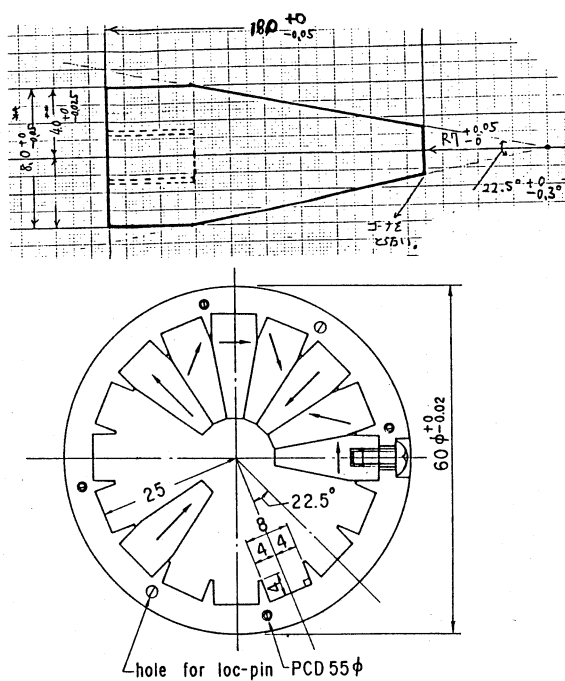
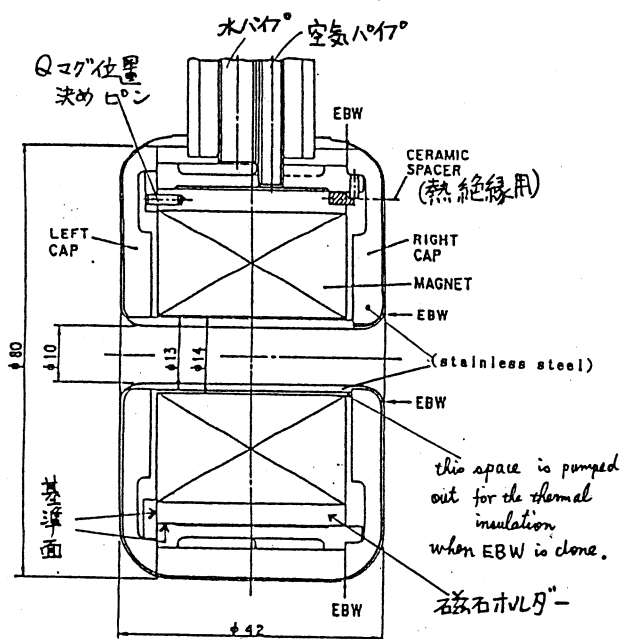


図1 D/T と 永久四極磁石の構成

図2 セグメント と 磁石ホルダー

a) セグメントの製造

• セグメントは、多量生産の製造ライン上の磁石ブロックから放電加工により作る。但し磁石ブロックの大きさは、図2に示したセグメントが二個以上偶数個とれる物でなければならない。

b) 磁石ホルダー（放電加工）への組み込み

• 指定された磁化方向に着磁された二個のセグメントを、点对称に、定盤（石製）上の磁石ホルダーに上部より挿入し、セグメントを定盤に押しながらネジで固定する。永久磁石は焼結体であり、脆いため、セグメントに加工されたタップを十分に活用するネジを使用する。

このように製造された永久四極磁石の磁場測定の結果並びに特性については、文献1、2、3に述べられている。測定された磁場中心と機械中心とのずれを図3の黒丸で示す。図3から明らかのように、そのずれは大きい。この原因を調査したので、その結果について述べる。

2. セグメントの磁束のばらつき

図2に示したセグメント及び磁石ホルダーの加工寸法からの推定では、図3中黒丸のような大きな磁場中心のずれを生むことは難しい。我々は、セグメントの磁気特性を測定する事にした。もしセグメントの磁束の値が大きく異なっていれば、B-H曲線も大きく異なる。かつ四極磁石に組み込んだ時、個々のセグメントのB-H曲線の違いが拡大され、磁場中心のずれも大きくなる場合もある。セグメントの磁場特性の測定結果を図4に示す。

この磁場特性のデータから、セグメントはいくつかの集団に分けられる。

現在 これらの集団が何故できたか特定できないが、我々は、四極磁石の組立時の様子 ** セグメントの加工精度の優先選択（セグメントを取り出した磁石ブロックでなく） ** から、この集団は前述した大きな磁石ブロックを意味していると判断している。

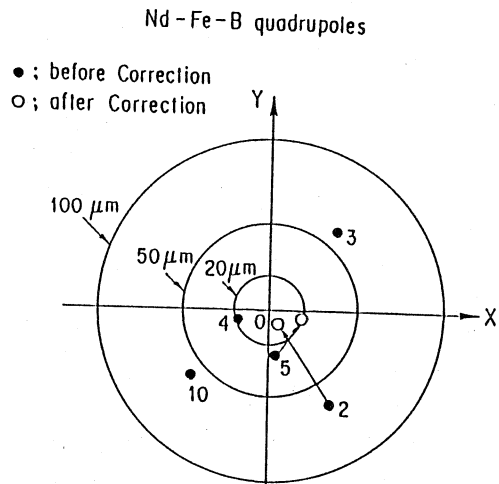


図3 磁場中心と機械中心のずれ (タイプ I)

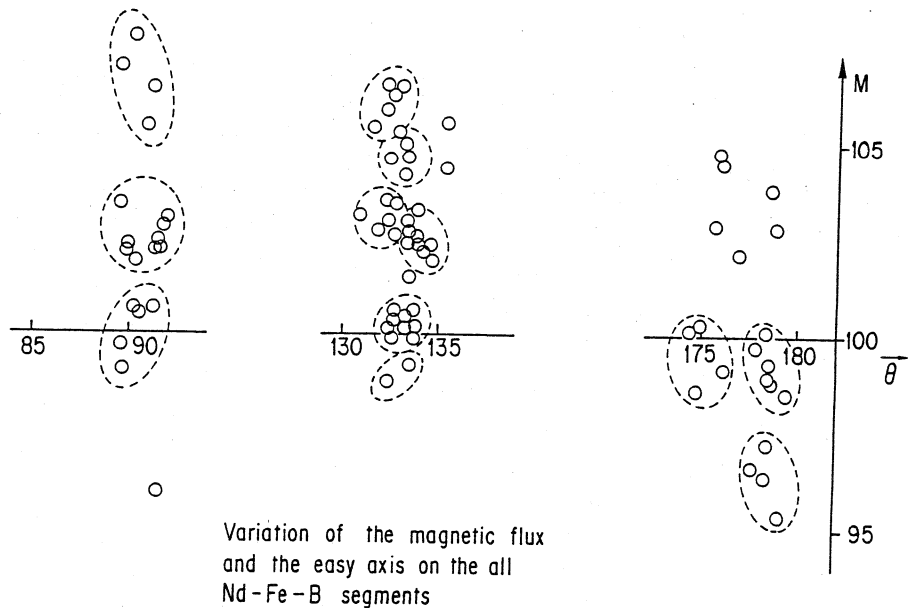


図4 各セグメントの磁場特性のバラツキ

このデータを基に四極磁石を組み直した結果、図3に白丸で示した磁場中心のずれ(20 μ m以下)を得た。

3. 磁場中心のずれを数 μ mにするために

当初の磁場中心のずれへの要求は、rmsで数 μ mであった。我々は、そこで、セグメントの動径方向の変位による磁場中心のずれを逆に利用し、磁場中心のずれの再補正を試みた。

補正の方法は下記のように行われた。

a)磁化方向③のセグメントのネジを緩めると、隣合うセグメントからの力関係(図5のようである)により、③のセグメントは中心方向に移動する。この中心へ移動量は、セグメントの加工精度がマイナスになっている量に関係する。

b)磁石ホルダーとセグメント間に隙間ができる。この隙間に適当な厚さのベリリアのシートを入れ、固定用ネジで、再度セグメントを磁石ホルダーに固定する。この隙間と磁場中心のずれの関係は、我々の磁石の場合、約40 μ m/mm(計算及び実験値と一致)である。

この補正により、磁場中心のずれは、数 μ m以下にすることが出来た。実用の永久四極磁石としては、この後、機械構造上の安定化のため、低温用エポキシ樹脂で、磁石全体(基準面を除いて)を固定する。

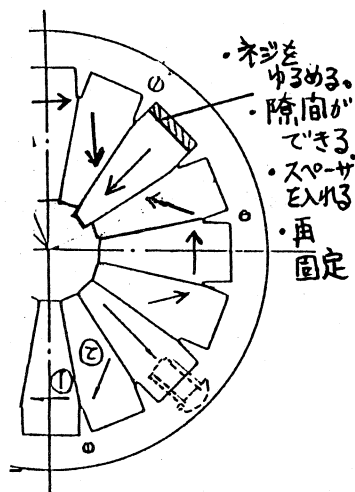


図5 セグメントの状態(固定ネジなしの時)

4. まとめ

電子ビーム溶接法等によるドリフトチューブの製作に必要な永久四極磁石は、ビームの振る舞いから要求される精度内で容易に製造できることがわかった。そのために、ある程度の加工精度に治まったセグメントは、個々のセグメントの磁気特性に留意することが重要で、今回の製造では、セグメントを切り出した元の磁石ブロックから識別することが肝要である。その後、識別されたセグメントを対称に四極磁石へ組み上げる。

一方 磁場中心のずれが長期間にわたり数 μ m以内であるかどうか不明である。永久磁石自身の径年変化のばらつき、熱による変化のばらつき、放射線による変化のばらつき等が、永久磁石の同じ製造ロット(磁石ブロック)内では、充分小さいのだろうか? 前述した文献を参考にすると、数十 μ mの磁場中心のずれを許せば、これらのことは問題としないと想像できる。

参考文献

- 1) E.Takasaki et al., Proc.14th Linear Accelerator Meeting in Japan,(1989)355.
- 2) E.Takasaki et al., KEK Preprint 90-16(1990)
- 3) KEK Internal 90-16 , JHP-14