

PRECISION MACHINING OF X-BAND ACCELERATING STRUCTURE FOR JLC

H.SAKAI, Y.HIGASHI, S.KOIKE, T.TAKATOMI, S.KOIZUMI and T.HIGO

National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba-shi Ibaraki-ken, 305 JAPAN

ABSTRACT

X-band accelerating structure will be used for the main linac of the Japan Linear Collider. The low emittance beam supplied from damping ring should be accelerated without large emittance growth along the linac. To realize this requirement, the structure should well be aligned at first. In addition, one of the promising ways to prevent the emittance from growing due to long range wake field is to properly distribute higher modes' frequencies. To fabricate this kind of structure, we think it necessary to machine the accelerating cells in a precision of the order of $0.1 \mu\text{m}$. In this paper, we describe the requirement on the necessary precision and the status of the tuning of a precision lathe dedicated for this purpose.

JLC X-バンド 加速構造の精密加工

1. はじめに

電子・陽電子リニアコライダ計画 (JLC) ¹⁾ の主ライナックには、X-バンドの加速管が用いられる。JLC用X-バンド加速セルの各寸法を図1に示す。各寸法は、 23°C のものである。材料は、無酸素銅クラス1を荒加工後 500°C 1時間でアニールしたものを精密加工する。加速管は、高真空中で大電力高周波でビームを加速するため、セル内面は清浄であることが必要であり、又、内面の表面あらさは、表皮深さ ($\sim 0.6 \mu\text{m}$) より充分小さいことが望ましい。更に、特にリニアコライダの主ライナックは、ダンピングリングから輸送されてくる低エミッタンスのビームを、エミッタンスの増加を押さえながら加速することが重要であり、加速管の正確なアライメントや、高次のモードも同時にチューニングをとった加速構造等が必要となると考えている。加速セル内部の形状精度が $0.1 \mu\text{m}$ オーダーであり、接合部も同程度の精度に仕上げて各セルをスタックすることにより、それが可能となると考える。このような構造を製作するために不可欠な、 $0.1 \mu\text{m}$ オーダーの加工の現状を述べる。

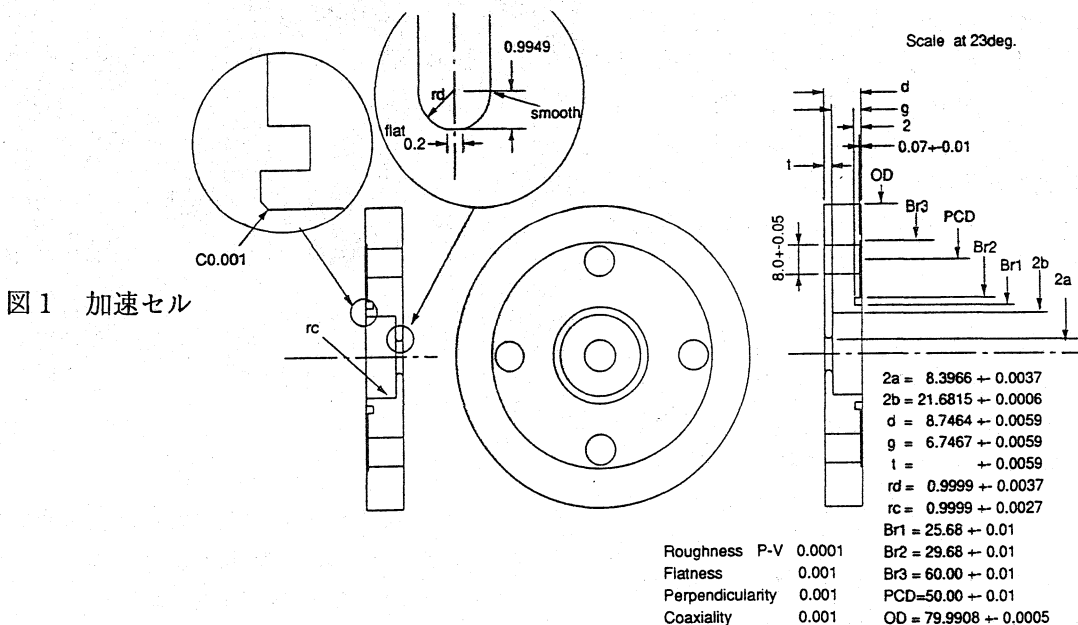


図1 加速セル

X-band accelerating cell $a/\lambda = 0.16$

2. 加工機と加工、測定方法

要求される加工精度を満たすために我々は、精密ダイヤモンド旋盤を使用することにした。この旋盤に必要な精度は、

- (1) 加工室の温度コントロールを $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ で行なう。
- (2) 絶対位置決めが $0.1\ \mu\text{m}$ 以下である。
- (3) 形状精度が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下である。
- (4) 平面度が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下である。
- (5) 同軸度が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下である。
- (6) 表面あらさが位置決めに対して十分小さいこと。

である。

現在調整中の精密ダイヤモンド旋盤で得られる性能を表1に示す。

表1

セル半径方向の真直度	$\pm 0.2\ \mu\text{m}$	静電容量型変位計
位置決め精度 (半径方向)	$\pm 0.1\ \mu\text{m}$	レーザー測長器
位置決め精度 (軸方向)	$\pm 0.1\ \mu\text{m}$	レーザー測長器
スピンドル振れ	$0.05\ \mu\text{m}$	静電容量型変位計
テーブル直角度	$90^{\circ} +6.16''$	静電容量型変位計
ストローク	200*90	

*真直度：ボールネジの偏芯によって $0.1\ \mu\text{m}$ 程度変動する。

*位置決め精度：1分程度のダンピングの後に安定する。

上記の旋盤を使用してセルを加工するわけであるが、真空チャックを使用しているため材料の凸凹が加工後の面に転写されないように、荒加工の後片側の端面をラッピングし、その後端面のみ両側中仕上げを行ない、最後に単結晶ダイヤモンドバイト (刃先 $0.4\ \text{mmR}$) によりディスク側、キャビティ側の順に所定の寸法に仕上げる。この時、キャビティ部分の仕上げは、ビームホール

(2a) 側より外周側に向かって加工する。

高精度を要求されるが、適当な測定法のない内径 (2b) の測定については、電子顕微鏡 (SEM) 内にスライドテーブルとリニアスケールを導入して測定し、加工にフィードバックする予定である。(図2) この方法によりブロックゲージの絶対測定を行なった結果、SEMモニター上で10000倍にした場合 $\pm 0.2\ \mu\text{m}$ の絶対測定ができることがわかった。

3. 加工及び測定結果

加工したセルの平面度の測定結果を図3に、表面あらさを図4に示す。平面度は写真より $0.15\ \mu\text{m}$ 程度であり、表面あらさは、 R_{max} で $0.08\ \mu\text{m}$ である。図4中のA部には突起が見られるが、これは加工後ダイヤモンドバイトを顕微鏡で観察した結果、加工中バイトに微小な傷 (チッピング) が生じたためにできたものであることがわかった。また、図5に試作したセルの内径 (2b) エッジ部のSEM像を示す。内径を測定した結果、繰り返

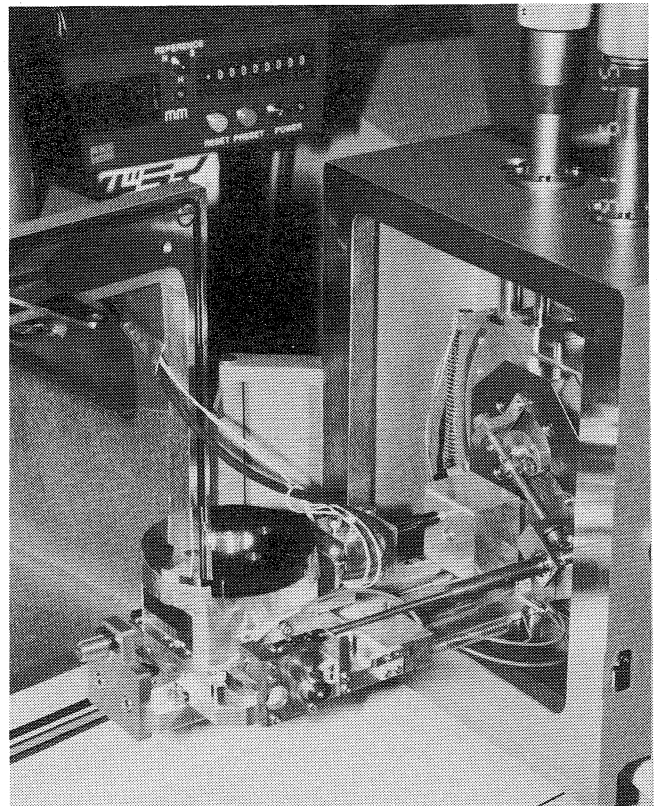


図2 電子顕微鏡 (SEM) を利用した寸法測定装置
加速セルとSEMチェンバー

SEM : AKASHI SIGMA II

リニアスケール : ハイデンハイン社製

最小ステップ $0.05\ \mu\text{m}$

し精度は $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 以下であった。これを利用して内径の寸法を $0.2 \mu\text{m}$ の精度で測定する予定である。精密加工を行なう際は、加工室の温度コントロールを行ない熱膨張による寸法の誤差をへらすことが重要である。そこで、加工室の温度コントロールを調べた。それを図6に示す。これより室温は、 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ にコントロールされていることがわかる。

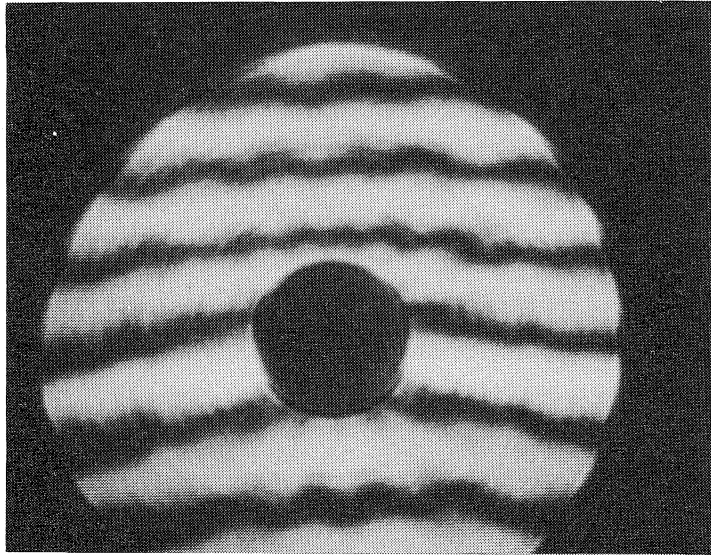


図3 加速セルの干渉縞
Zygo mark II 使用
レーザー He-Ne $\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$
干渉縞の間隔 $\lambda/2 = 0.3164 \mu\text{m}$

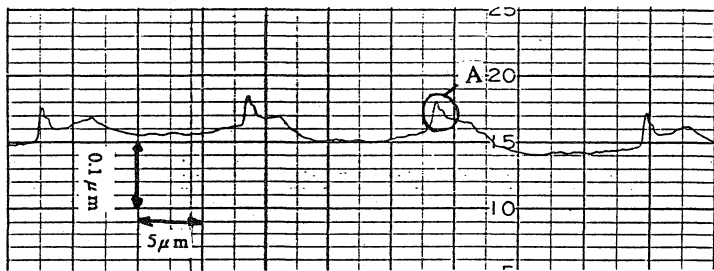


図4 加速セルの加工面の表面あらさ
タリステップ：ランクテーラホブソン社製
触針型、針先半径 $0.1 \mu\text{m}$

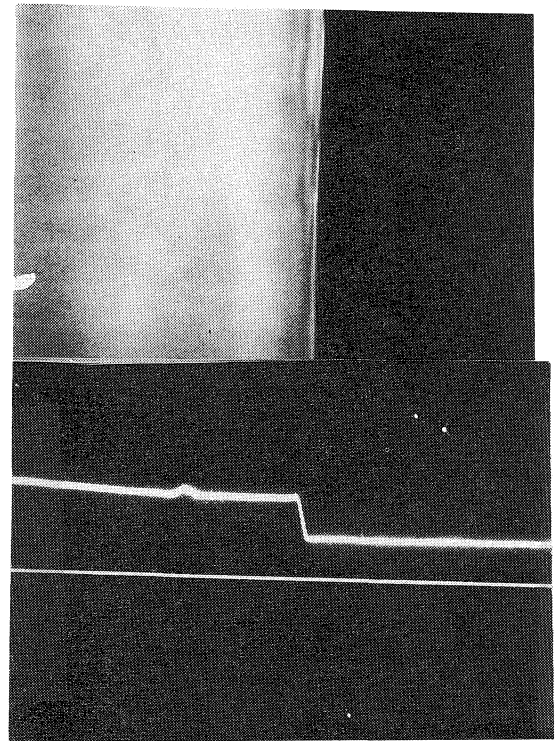


図5 内径のエッジ部
上：エッジのSEM写真 $1 \mu\text{m}$
下：エッジの明るさの変化

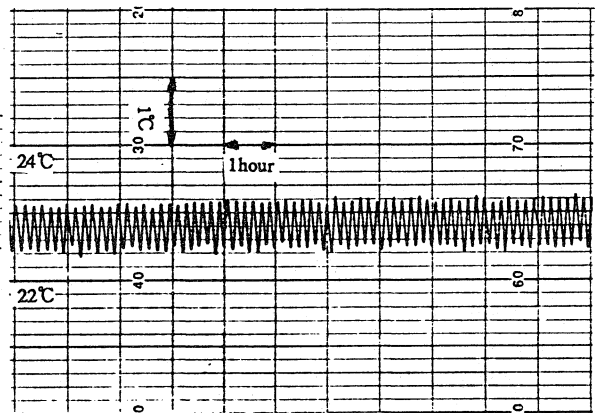


図6 加工室の温度変化
hp2804A：ヒューレットパッカード社製

以上のような加工結果は満足の行くものではないが、平面度 $0.1 \mu\text{m}$ ・表面あらさ $R_{\text{max}} 0.03 \mu\text{m}$ を達成することと、絶対精度を $0.1 \mu\text{m}$ 以下で測定し形状精度 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ に近付けることを課題として、現在精密ダイヤモンド旋盤の調整を継続しているので、その現状の報告を行なう。

参考文献

1) K.TAKATA:KEK preprint 90-116 October 1990A