

図3 RF空洞の熱解析

(a) 冷却水水温が 25°Cの時の温度分布。端板部の最大温度上昇は 6.8°C、胴体部は、約 4°C。(b) 熱変形図 (6,800 倍に拡大)。胴体部の熱膨張は 4 μm 程度である。

深さ 1 mm 程度の溝を 1 mm 間隔で掘り、表面積を約 2 倍に増やす。この様な冷却水系に対して 25 kW の RF 入力がある場合の温度分布と RF 空洞の熱膨張による変形を有限要素法で計算した結果を図 3 に示す。変形による共振周波数変化が大きい胴体部内面の温度上昇は約 4°Cである一方、端板部のそれは 6.8°Cに達する部分もある。アイリス部の高温部の範囲は、対向する端板部のそれよりかなり狭いが、この部分の内面を平坦にした場合、温度上昇は、10°Cに達して要求を満たすことができない。RF 空洞各部の温度変化による変形を図 3 (b) に示す。変形量は 6,800 倍に拡大表示しているため、ビーム軸方向空洞長変化は 7 μm 程度、空洞半径方向には約 4 μm の熱変形であり、共振周波数に与える影響は小さい。

### 3. RF 空洞のロウ付け試験

Lバンド RF 空洞の基本的構成要素は、RF 空洞本体と、冷却水路の蓋、冷却水出入口部分、同軸型 RF 結合器用真空フランジよりなる。RF 空洞本体と水路の蓋はクラス 1 の無酸素銅を機械加工により削

り出して製作する。冷却水出入口部とフランジは SUS 製である。本体部は、図 2 に示す冷却水路 B2 と B3 の中間、B4 と B5 の中間で 3 つに分けて加工・製作する。冷却水路の蓋に関しては、図 2 に断面を示すパイプと円盤をロウ付けにより本体に接合する。次に共振周波数調整のために空洞内面をわずかに切削した後、RF 空洞本体部 3 部分をロウ付けする。更に、冷却水出入口部分と真空フランジをロウ付けして RF 空洞は完成する。この 3 段階のロウ付けの中で、RF 本体 3 部分のロウ付けが最も重要であるので、接合部の模型を作りロウ付け試験をした。

試作品の図面を図 4 に示す。実機の直径は 230 mm であるが試作品は 70 mm とした。RF 空洞の直径に当たる穴は 180 mm から 20 mm に減るが、ロウ付け部の動径方向の寸法は実機と同じである。空洞の軸を精度良く合わせるために、接合部に 4 mm の段差を持つはめ合い構造にした。RF 空洞の寸法精度を保つためと、空洞内の RF パワーに影響を与えないようにするため、内側に面して一段高い幅 5 mm の部分を面接触とした。接触面の平均面粗さは 2 μm (Ra 2) 程度である。他の面はそこで接触しないように面間の隙間を 30 μm にした。ロウ溝の位置と本数が異なる試作品 F1 から F3 を 3 個作った。ロウ材は、直径 0.8 mm の針金状のパラジウムロウを用いる。ロウ溝は 0.9 mm 角で、図 4 に示すように F1 では上側の直径 60 mm に 1 本、F2 では上側の 50 mm に 1 本、F3 では下側の直径 60 mm と 40 mm に計 2 本の溝を掘る。段差部分の角には、図 4 の拡大図に示すような三日月状の隙間を作る。内側の面にロウがしみ出ると放電など RF 空洞の動作に影響を与えることが懸念されるので、この三日月状の隙間は、上段の接触面にロウが侵入するのを防ぐためのロウ止めである。

3 種類の試作品のロウ溝に直径 0.8 mm のパラジウムロウ線をロウ溝円周全てに置き真空ロウ付けをした。ロウ付けの状態を観察するために試作品を十文字に 4 分割して断面を顕微鏡で観察した。図 5 (a) と (b) にそれぞれ F1 と F3 試作品の顕微鏡写

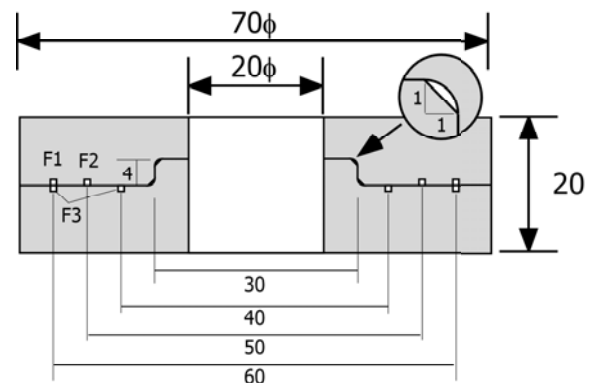


図4 試作品断面図。無酸素銅製のロウ付け試験用試作品は、ロウ溝の位置と数が異なる F1、F2、F3 の 3 個を作成した。ロウ溝の断面は 0.9 mm 角の正方形である。



