



航空宇宙機モデル開発用高精度加工技術の調査及び開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター 公開日: 2016-04-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 馬場, 義則, 池田, 保美, 高木, 芳行, 松村, 雄二, 佐々木, 和之, 山田, 富士夫 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008656

航空宇宙機モデル開発用高精度加工技術の調査及び開発

風洞試験用模型加工技術習得チーム
馬場義則、池田保美、高木芳行、
松村雄二、佐々木和之、山田富士夫

1. 緒言

昨年3月に室蘭工業大学に航空宇宙機システム研究センターが設置され、地域産業界に航空宇宙機に関する「高度なシステム技術開発」の機会が提供され新事業の創出及び育成が図られている。今回、技術習得を目的としている風洞試験用模型は、材質的には室蘭地域で加工実績のある内容であるが、形状的には薄肉曲面形状であり、要求される表面粗度、加工精度共高い。一方、工業製品とは違い、「模型」と言った特徴から手仕上げ加工が主流でありコスト的にも安価である。このため従来室蘭地域に集積されている金型機械加工技術を基礎として手仕上げ技術を付け加えることで要求される品質及びコストをクリアすることが必要であり、本事業では、これら技術を習得する活動を行った。

2. 研究の内容

風洞試験用模型加工の技術習得を目的に以下の試作、確認試験を行った。

- 1) 加工、仕上げ及び組立用治具の立案及び製作
 - 同時3軸NC加工機による加工手順の立案
 - 芯出し要領、表裏面同定要領の立案及び治具の試作
 - 手仕上用、ロウ付け用治具の立案及び試作
- 2) 形状及び精度を確保したロウ付け技術
 - 異材質間のロウ付け試作(ロウ付け温度、姿勢等の確認)
 - 水平、垂直精度の確認
- 3) 薄肉及び鋭利形状に関する研磨技術
 - 各種研磨剤、研磨砥石による試作
 - 表面粗度の検査

3. 対象

今回の研究では胴部本体、翼の形状を下図のように定義、又、材質別に製作し、研磨技術、ロウ付け技術を確認した。

部位名	図番	材質
本体取付部	図1	各形状に対し2種類
主翼	図2	SUS304
尾翼	図3	C3604BE-F
組立要領図	図4	—

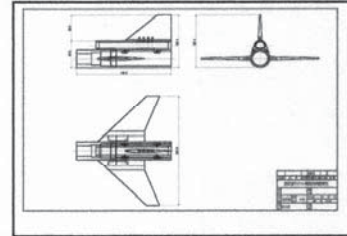


図1 本体取付部形状

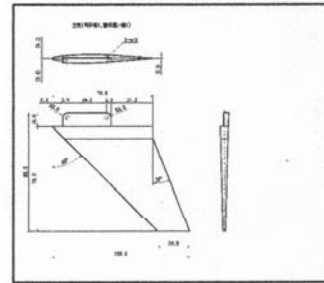


図2 主翼形状

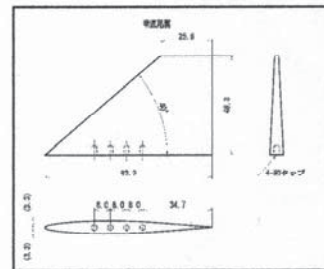


図3 尾翼形状

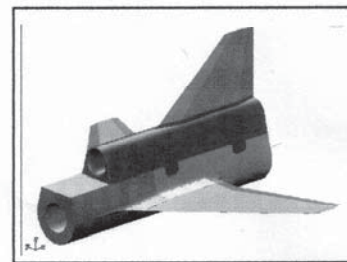


図4 組立要領図

4. 研究結果

4.1 加工、仕上げ及び組立用治具の立案及び製作

4.1.1 加工方法について

翼については、薄肉形状であるためNC加工時にピビリが発生しやすいこと、又、翼の表裏面の同定を容易にするため表裏面の加工終了後切り離しを行う方法を取った。

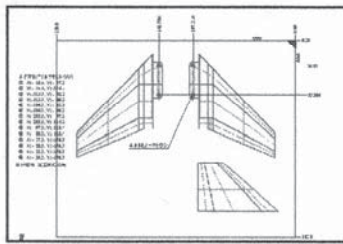


図5 材料切り及び表裏面加工図

又、荒取り加工では仕上げ加工時の余肉を均等化させる目的で下図のようなNCパスを発生させた。

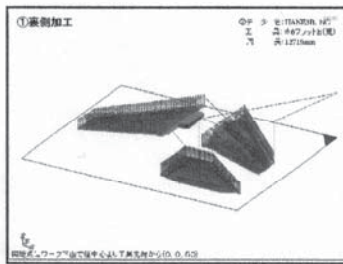


図6 翼NCパス作成状況

4.1.2 組立図治具の立案

両主翼のロウ付けは、本体及び翼部材を熱処理炉で加熱・保温後実施することとなるため、取り付けを容易にする目的と主翼の水平度を確保する目的で下図の様な簡易治具を製作した。

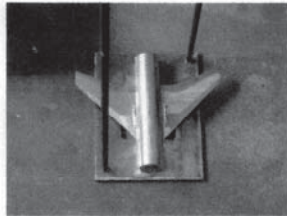


図7 翼取付用簡易治具

4.2 形状及び精度を確保したロウ付け技術

4.2.1 ロウ付け部機械試験要領

ロウ付け部の強度を確認する目的で引張試験、せん断試験及び衝撃試験を実施した。各試験片形状は下図の通り。

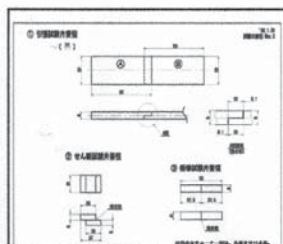


図8 機械試験片形状図

表1 各材質/機械試験別試験片数量 (計画)

	引張試験	せん断試験	衝撃試験
ステン+ステン	2組	2組	3組
真鍮+真鍮			
ステン+真鍮			
真鍮+アルミ			
ステン+アルミ			

4.2.2 第1回ロウ付け実験及び機械試験結果

a) 2006年2月にサンクラフトにて第1回目実験を実施した。加熱方法は、バーナ2本で直接昇温する方法。溶材は、銀ロウ (太さ: 径2mm)、フラックスは、ホウフッ化ホウ酸化合物とした。実験の結果、ステン+ステンで銀ロウ付けが可能であったが、それ以外はロウ付けが困難であったため、急遽、ハンダ付けを実施した。

b) 北海道立工業試験場での機械試験 (詳細については、出張報告書: デ(出)5-334を参照ください)

引張試験結果を以下の通り

符号	母材材質	接合材料	破断値
①	ステン+ステン	銀ロウ	64.50KN
②	ステン+ステン	銀ロウ	51.80KN
③	ステン+ステン	ハンダ	2.55KN
④	真鍮+ステン	ハンダ	8.20KN
⑤	真鍮+ステン	ハンダ	10.10KN
⑥	真鍮+真鍮	ハンダ	15.36KN
⑦	真鍮+真鍮	ハンダ	13.87KN

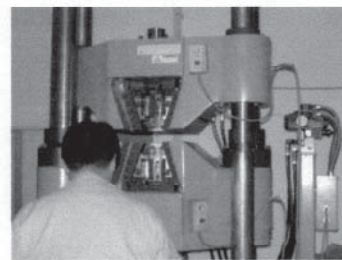


図9 万能引張り試験機(UH-F500KNA)概観形状

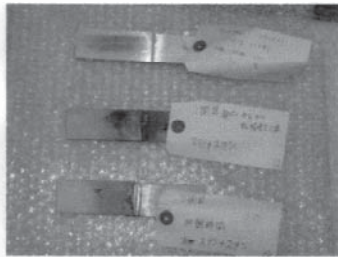


図10 ステンレス+ステンレス試験片形状

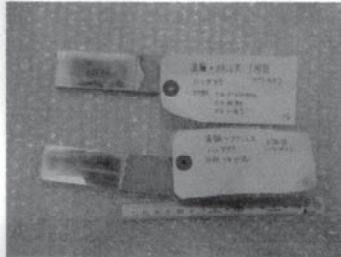


図11 真鍮+ステンレス試験片形状

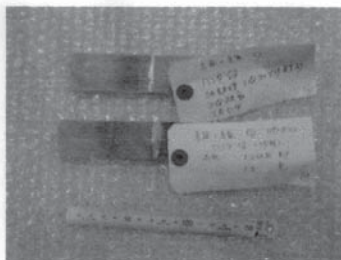


図12 真鍮+真鍮試験片形状

4.2.3 第2回ロウ付け実験

室蘭工業大学材料物性工学科 桃野教授に2月22日本研究内容を説明、ロウ付けに対し指導をお願いした。ロウ付け前には加熱炉にて均一加熱が必要との助言を受け、3月2日桃野教授研究室の加熱炉を借用し第2回目の実験を行った。

実験の最初では出炉後バーナ1本で再加熱を実施し溶材を融かそうとしたが、一度溶着面に酸化膜が生成されると溶着しない等の経験を把握し、バーナでの加熱方法の改善、溶材、フラックスの使い方を改善し全ての材料についてロウ付け技術を習得することが出来た。

尚、出炉後試験片の芯出し及び固定を容易にし、ロウ付け用に製作した治具を下図に示す。



図13 引屈試験片ロウ付け用治具

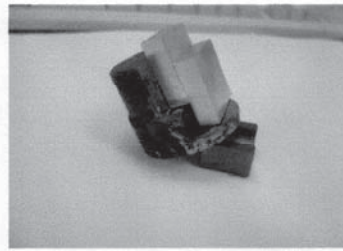


図14 セン断試験片ロウ付け用治具

4.2.4 第3回ロウ付け実験

第2回目の実験では、突合せの衝撃試験片の芯出し固定がうまく実施できなかったため下図の様な簡易治具を製作し、桃野教授研究室で加熱炉を借用して3月13日にロウ付けを実施した。

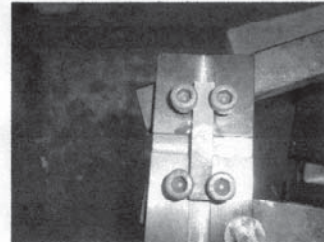


図15 衝撃試験片ロウ付け用治具

2回のロウ付け実験を行い、下表の機械試験片を製作した。頭書、予定していたアルミについては、期間中に溶材が入り出来なかったため製作が出来なかった。又、引屈試験片については、参考値として取り扱うこと更には真鍮の同材質については、ロウ付け技量に自信を持ったこともあり製作個数を変則的に変えている。

表2 機械試験片の材料別製作個数

	引屈試験	せん断試験		衝撃試験
		炉内加熱無	炉内加熱有	
ステンレス+ステンレス	2本	1本	3本	3本
真鍮+真鍮	—	—	3本	5本
ステンレス+真鍮	3本	—	5本	5本
真鍮+Alミ	—	—	—	—
ステンレス+Alミ	—	—	—	—
合計	5本	1本	11本	13本

4.2.5 第4回ロウ付け実験

第4回目の実験（3月24日）では、本体と翼のロウ付けを実施した。

使用治具、作業状況を下図に示す。

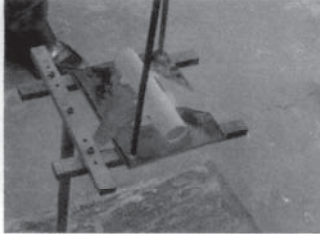


図16 本体+翼ロウ付け用治具（出炉直後）

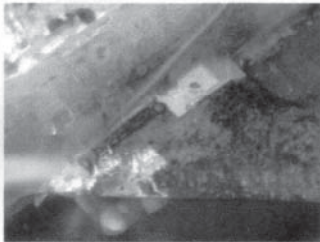


図17 ロウ付け作業状況

ロウ付け前に本体（ピン）と翼（ピン穴）を固定し、炉温730℃にて15分間保持した。出炉後、高温のため、予定以上に主翼先端がダレたため、翼下面を水平にシム調整を行った、このため出炉後、ロウ付けが終了する迄に5分程度時間を要した。

溶材は、ピース状に切断後、本体に置きロウ付け時は、翼上下面から各々バーナで炙ってロウ付けを実施した。

4.2.6 機械試験

第2回及び第3回の実験で製作した試験片を使って機械試験を実施した。各試験は、桃野教授研究室の下記試験機にて実施した。

せん断試験は、万能試験機を使用し桃野教授考案の治具を使用して行った。又、衝撃試験は、与える荷重により2種類の試験機を使用した。

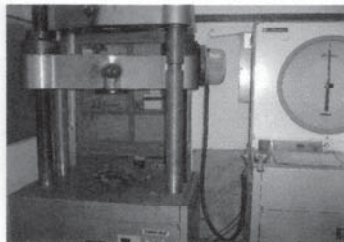


図18 引張試験機概観

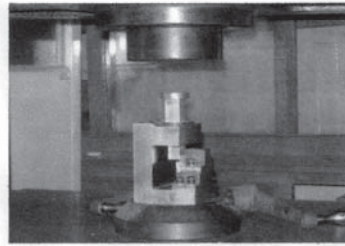


図19 せん断試験機概観



図20 衝撃試験機概観（小荷重）



図21 衝撃試験機概観（中荷重）

詳細試験結果は、「ロウ付け後の試験結果及び本体+翼ロウ付け状況を参照してください。

全体的には、各材質別に均一な材力値を得ることができた。これは、ロウ付け要領・技量が安定しているためと考える。又、実験を通して予熱を実施していない試験片の材力は低いこと、ロウ付けが5分以上費やした試験片は、材力値が下がるという傾向を把握することが出来た。

4.2.7 ロウ付け後の水平、垂直制度の確認

北海道立工業試験場にて非接触式3次元測定を実施し、ロウ付け後の水平制度を確認した。

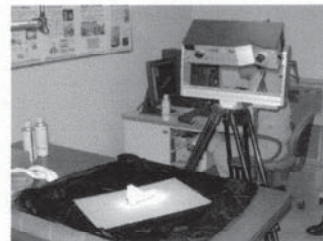


図22 測定状況

測定器名：Steinbichler CV400
測定ソフト名：COMET Plus Ver. 4.0

4. 3 薄肉及び鋭利形状に関する研磨技術

4.3.1 研磨技術の習得

研磨では、翼面の3次元形状をNC加工通りに保持し、凸部接続部については極力エッジを維持し、ダレを少なくする様に研磨を実施した。

研磨では、#80、#120、#240、#800及び青粉を使い、ペーパーの番数を細かに変えることでNC加工のスジ目を取りNC加工面を保持することとした。

4.3.2 研磨前後の翼面プロフィール形状

苫小牧テクノセンターの3次元測定器を利用し、研磨前(NC加工後)と研磨後のプロフィールを測定した。

以下の部材について測定を実施した。

表3 材質/研磨有無別測定ファイル名

部位名	材質	枚数	断面数	測定ファイル名
主翼	研磨前	1枚	2	g, h
	研磨後	1枚		e, f
尾翼	研磨前	1枚		c, d
	研磨後	1枚		a, b
主翼	研磨前	1枚		i, j
	研磨後	1枚		k, l

研磨後 研磨前 法線方向の差

a	c	0.04mm
b	d	0.04mm
e	g	0.04mm
f	h	0.05mm
k	i	0.05mm
l	j	0.04mm

凸部のカケが研磨前後で欠けてはしますが、数値的には0.05mm程度であることが判る。又、同材質では、数値もほぼ一様であり安定した研磨が実施されていることが判った。

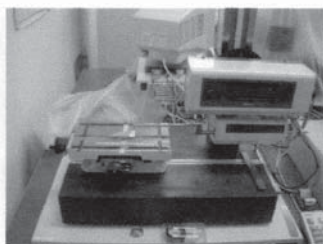


図23 翼面プロフィール測定状況

4.3.3 表面粗さ測定

ステンレス、真鍮、アルミについて主翼部位の表面粗さ測定を(財)室蘭テクノセンター表面粗さ計にて実施した。

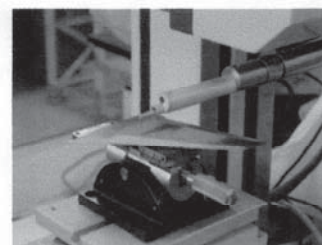


図24 測定状況

表4 表面粗さ測定結果

	材質	表面粗さ (Ry)
研磨前	真鍮	2.7
研磨後		1.4
研磨前	ステンレス	3.4
研磨後		3.4
研磨前	アルミ	1.4
研磨後		1.2

ステンレスについては、研磨前後で表面粗さの改善は計られていない。

5. 取りまとめ

本研究の実施により以下の効果があると考えている。

1) 風洞式検用模型製作に対し

- 同時3軸NC加工要領・手順の確立、芯出し要領、表裏面同定要領の確立
 - ロウ付け方法、手順の確立
 - 薄肉及び鋭利形状に関する研磨技術の確立
- により従来のコストを % (従来品 対比) 低減することが可能となった。

2) 他分野への展開に対し

特にロウ付け技術の確立と薄肉及び鋭利形状に関する研磨技術の習得により比較的小さな部材で複雑巧緻な3次元形状でありながら強度が要求される金属加工製品で構成されている土木・建築・橋梁分野のディスプレイ模型の製作が可能と考えている。

6. 今後の課題

風洞試験用模型加工技術として要求されるNC加工、研磨及びロウ付け技術を習得することが出来たと考えているが研究を通し新たに以下の点の評価が必要と考えている。

- 1) 本体と翼をロウ付けする場合、加熱炉にて一度加熱し出炉後バーナで加熱しながら行う。又、ロウ付け時点で温度が下がる場合は、両主翼同時にロウ付けが出来ず、片方ずつの取り付けも考えられる。ロウ付け後の変形等について注意が必要とも考えられる。
対策としては、変形防止用の治具に取り付け除冷を十分に行い治具からの取りはずしを行う等の対策が考えられる。
- 2) 上記の通り単品部材での炉内加熱、ロウ付け時のバーナ等の加熱及び加熱回数に伴う熱履歴の差異による材料強度の低下が考えられる。この点については、同等の熱履歴を与え機械試験を実施し評価を行う必要があると考えられる。