

# 超音波複合振動の塑性加工への適用 (超音波接合に関する研究)

日本工業大学 システム工学科

教授 鈴木 清

(平成6年度研究開発助成 AF-94031)

## 1. はじめに

超音波振動を利用することで、接着剤を使用せずに材料同士を常温で接合することが可能である。超音波接合は、種々の分野、主としてプラスチック同士の接合やICのボンディングワイヤの接合などに適用され、生産コストの低減、品質の向上に不可欠な方法となっている。この超音波接合には、主として縦振動やたわみ振動が使用されているが、能率、接合部品位、難接合部材への適用などに対する要望も多い。

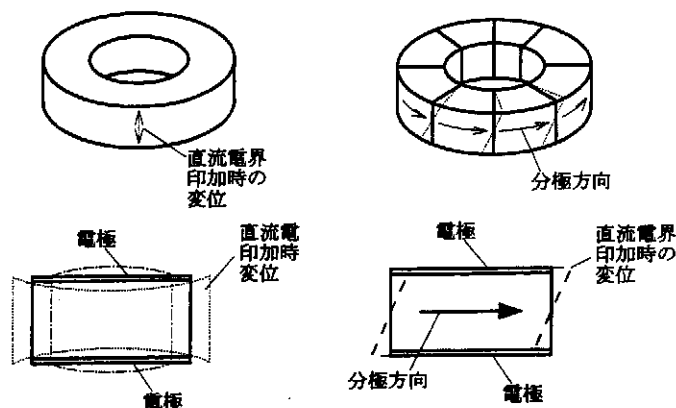
本研究では、従来の1軸方向の超音波振動に代えて、2軸方向の超音波振動を同時に付与する複合超音波圧接に適用した場合の効果について検討した。

## 2. 複合超音波振動を利用した 圧接法の提案

超音波圧接は、接合される2枚の被加工材接触面に超音波振動を付与することにより、両者を擦り合わせて摩擦熱を発生させるとともに凝着を起こさせて、接合を行う方法である。従って、より良好な接合を行うためには、必要とされる振動エネルギーを接合部に与えてやればよい。そのための方策として、本研究では従来の1軸方向の振動に代えて、2軸方

表1 超音波振動の形態

超音波振動	1軸振動	縦振動
		たわみ振動
		ねじり振動
	複合振動	縦+たわみ振動
		縦+ねじり振動



(a) 縦振動用電歪素子 (b) ねじり振動用電歪素子

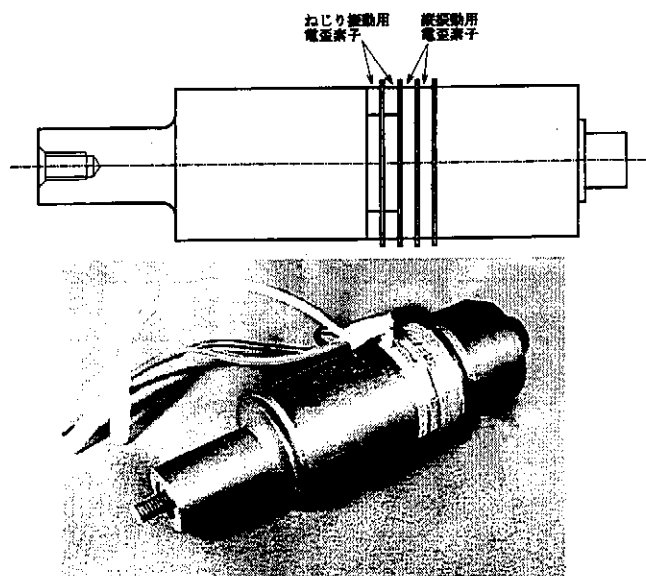


図1 複合振動子の構造および外観

向の複合振動(縦+ねじり)を付与する方法を試みた(表1)。

### 3. 実験装置および条件

縦振動とねじり振動を単一または複合で付与可能な複合振動子を内蔵した超音波アタッチメントを開発し、これをマシニングセンタ主軸に装着して超音波接合実験を行った。マシニングセンタテーブル上には、定圧圧接のためのコイルバネ式定圧付加装置を設置した。図1に複合振動子の構造および外観を示す。接合用ホーンはストレート、エクスポネンシャル、段付き、テーパ付き、円筒型などのホーンを作成した結果、振幅がより大きな円筒型を使用することにした。なお、本実験で使用した振動数および振幅は、縦振動の振動数 $f=29.3\text{kHz}$ 、振幅 $\delta=20\mu\text{m}^{\text{pp}}$ 、ねじり振動の振動数 $f=19.3\text{kHz}$ 、振幅 $\delta=35\mu\text{m}^{\text{pp}}$ である。図2にホーン形状を示す。被加工材は板厚 $1.0\text{mm}$ のPS(ポリスチレン)で、2枚の一

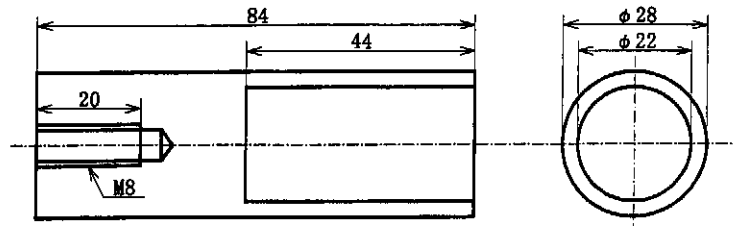


図2 接合用ホーン形状

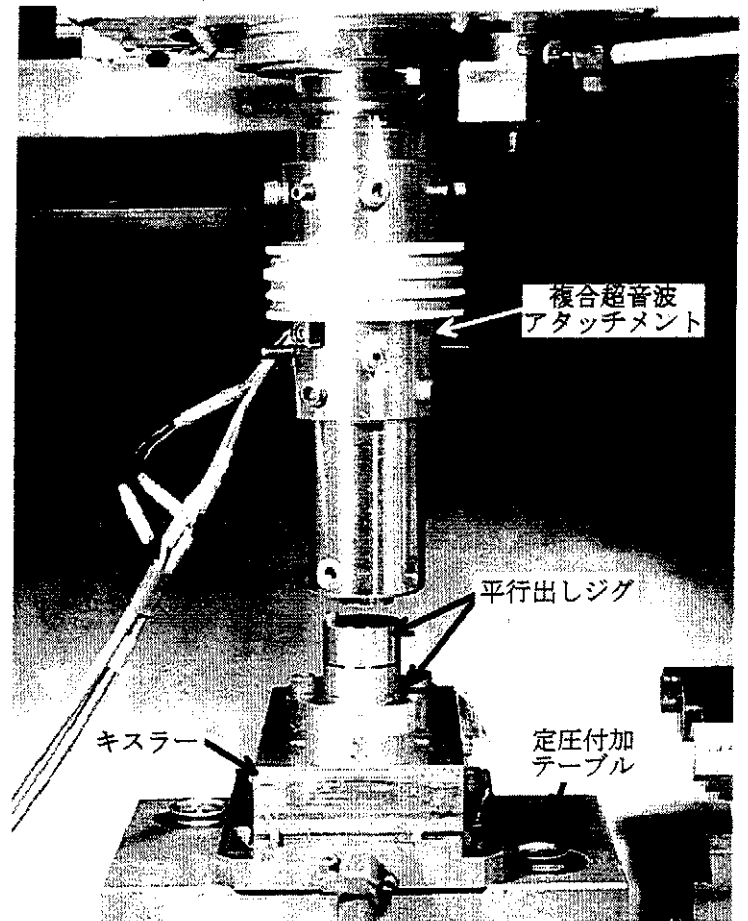


図3 接合実験状況

表2 実験装置および条件

接合機械	縦型MC (OKK-MGC PCV40-GC)
超音波装置	ランジュバン型(BLT型)複合振動子+超音波発信器(SB-150, 多賀電気)
振動数/振幅	縦: $f/\delta=29.3\text{kHz}/20\mu\text{m}^{\text{pp}}$ 、ねじり: $f/\delta=19.3\text{kHz}/35\mu\text{m}^{\text{pp}}$
被接合材	PS(ポリスチレン, $t=1\text{mm}$ )
接合条件	印加電圧: 縦振動=20V, ねじり振動=27V、保圧時間: 10s 印加時間: 2, 4, 6, 8, 10s、印加圧力: 0.2, 0.4, 0.6, 0.8MPa
荷重測定	工具動力計(9257B, キスラー)

部を重ねて接合した。接合結果の良否は、手動剥離テストおよび引張り試験機により行った。図3に接合実験状況を、表2に実験装置の仕様および条件を示す。

#### 4. 超音波接合実験および結果

##### 4-1 振動モードと接合の可否

縦振動、ねじり振動および複合振動(縦+ねじり)の3種の振動モードによりプラスチック板材の接合を試みた。縦振動用印加電圧は20V、ねじり振動用印加電圧は27Vとした。

結果を表3に示す。手動剥離テストにて試験片の接合強度を調べたところ、複合振動の場合は強固に接合され、母材部分が切断されているのに対し、他の単一振動モードの場合は簡単に剥離した。また、条件IIにおける試験片の接合強度を引張り試験法により調べた。図4に示した伸び-荷重線図からも明らかのように、単一振動モードに比べ複合振動の方が強度的にも優れていることがわかる。

##### 4-2 複合振動モードにおける接合条件

良好な接合を示した複合振動モードについて各種接合条件の影響を調べた。

###### (1) 印加時間の影響

印加時間を2~10sと変化させて印加時間の影響を調べた(表4)。印加圧力は0.2MPaとして行った。印加時間2sまでは全く接合

表3 振動モードの影響

	接合条件		
	条件 I	条件 II	条件 III
縦振動	×	◎	▲
ねじり振動	×	×	▲
複合振動	◎	◎	▲

◎:接合良好 ▲:接合可(変形有り) ×:接合不可

条件 I : 印加時間=2s 印加圧力=0.4MPa  
 条件 II : 印加時間=4s 印加圧力=0.2MPa  
 条件 III : 印加時間=8s 印加圧力=0.6MPa

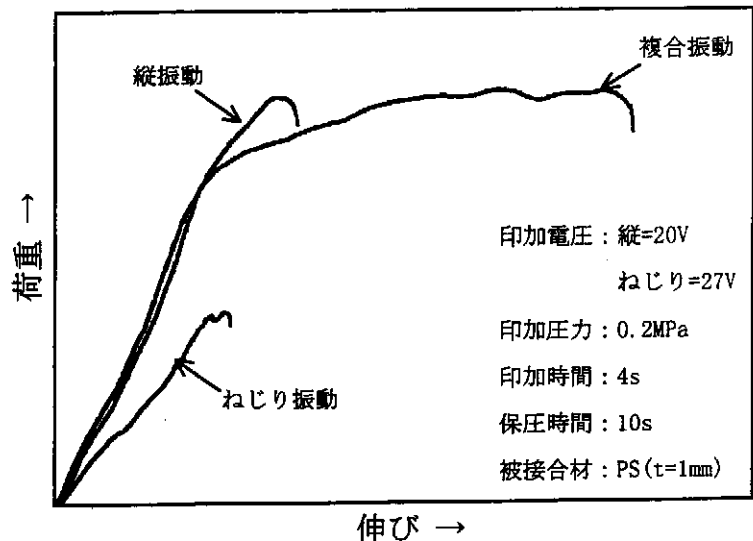


図4 試験片の引張り強度

できなかったが、4sを超えると、強固に接合されていた。しかし、印加時間が8s以上になると、接合表面は悪化した(図5)。

###### (2) 印加圧力の影響

次に、印加圧力を0.2~0.8MPaに変化させて印加圧力の影響を調べた(表5)。印加時間は良好な結果を示した4sとした。印加圧力が0.4MPa以上になると接合表面の悪化が見られた。よって印加圧力をあまり大き

くしなくても接合可能であることが確認された。

### 5. 検討課題

本研究では超音波接合用ホーンと被接合材の平行が正確にできていなかったため、完全に均一な接合ができたとは言い難い。

また、今後の課題として、接合装置の改良、最適接合条件の把握、および接合機構の解明、材質や厚さなどによる接合条件の違い等があげられる。

### 6. おわりに

超音波接合の適用範囲を拡げるため、超音波複合振動を付与する方法を提案し、プラスチック材料への適用を試みた。その結果、縦振動とねじり振動と同時に付与する複合振動の場合、単一モードに比べて高い接合強度が得られることを明らかにした。

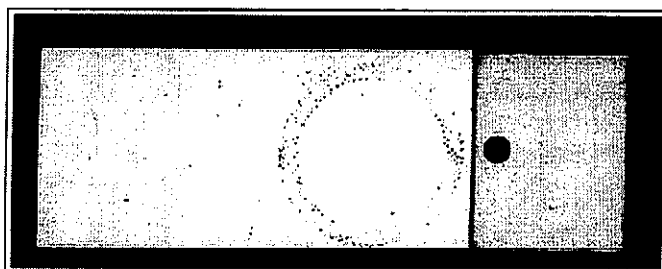
本研究は、天田金属加工機械技術振興財団殿の研究助成によるものであることを記し、ここに貴財団に対し深甚なる謝意を表する次第である。

### 参考文献

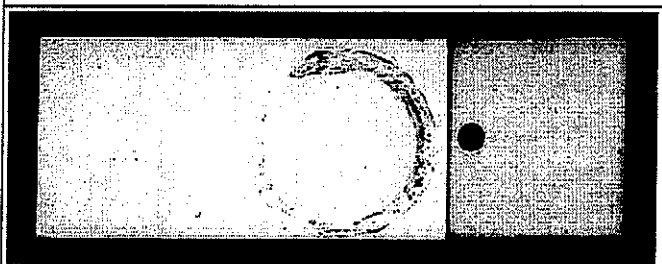
西口公之：新版接合技術総覧，(1994) 新版接合技術総覧編集委員会

表4 印加時間の影響

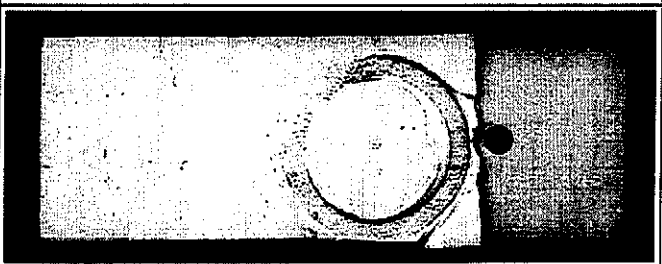
印加時間[s]	2	4	6	8	10
接合状況	×	◎	◎	▲	▲
◎:接合良好 ▲:接合可(変形有り) ×:接合不可					
接合条件:複合振動,印加圧力=0.2MPa					



(a) 印加時間=2[s]



(b) 印加時間=4[s]



(c) 印加時間=8[s]

図5 接合状況

(複合振動, 印加圧力=0.2MPa, PS:t=1mm)

表5 印加圧力の影響

印加圧力[MPa]	0.2	0.4	0.6	0.8
接合状況	◎	▲	▲	▲
◎:接合良好 ▲:接合可(変形有り) ×:接合不可				
接合条件:複合振動,印加時間=4s				