

縦とねじりの超音波複合振動による 脆性材料（ガラスなど）の穴あけ加工 および異種金属接合技術の開発

日本大学理工学部

2015年11月9日



主に動力として超音波を利用する研究

空中超音波を用いた研究

- ・微粒子の凝集
- ・液体の非接触霧化

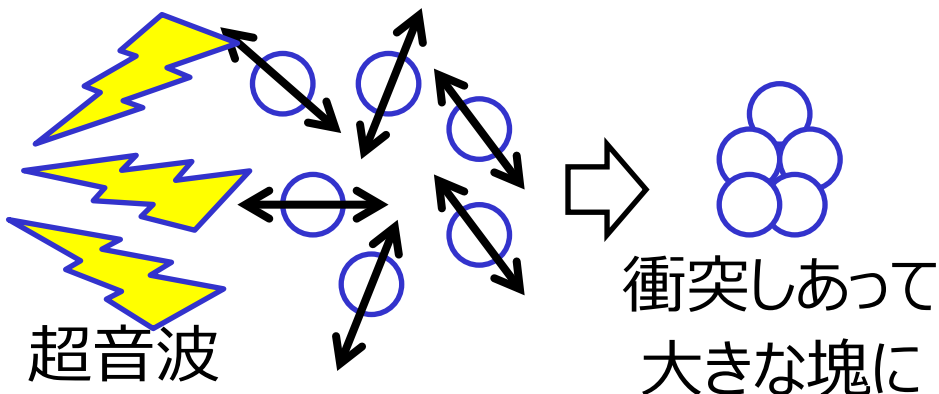
超音波複合振動を用いた研究

- ・薄板金属の接合
- ・脆性材料の加工

その他

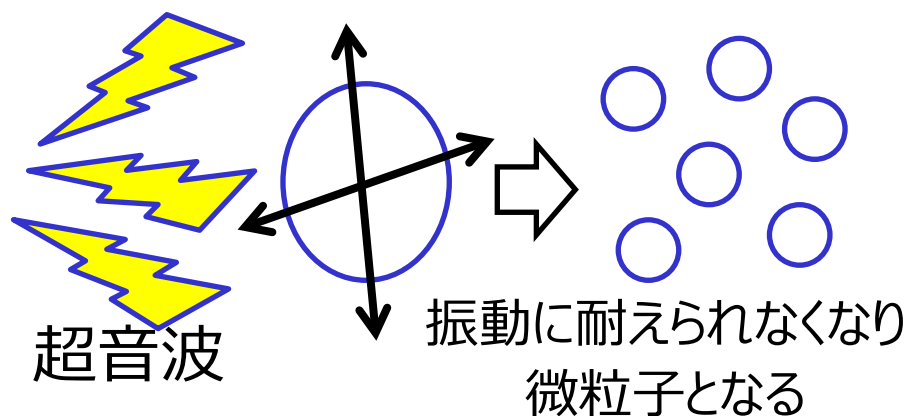
微粒子の凝集

○：微粒子 ↔：振動



液体の非接触霧化

○：液体 ↔：振動



超強力空中超音波音源の設計開発

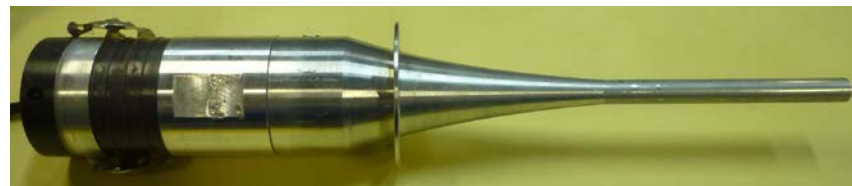
160 dB(ジェットエンジン10台分の騒音)以上の音波を発生させる音源
音波により物体を励振させることが可能 (凝集、霧化が可能)

超音波振動体の設計開発

接合、加工等にて最適な振動を得るための振動体
単純な振動から複雑な振動まで様々な振動を発生させることが可能



金属板を
振動させ、
空中に強力な
超音波を
発生させる



金属棒を振動させることにより
加工等に用いるような大きな
振動 (数十[μm]) を発生

超音波複合振動体

単純な伸び縮みの縦振動だけではなく、円周方向の振動であるねじり振動を組み合わせた超音波複合振動体

超音波縦-ねじり振動体の利点

縦振動に対してねじり振動を重畳しているため、対象物に更なるエネルギー印加が可能となる。

開発中の技術

脆性材料（ガラスなど）の穴あけ加工

複合振動を用いることで加工時間の短縮、加工精度が向上

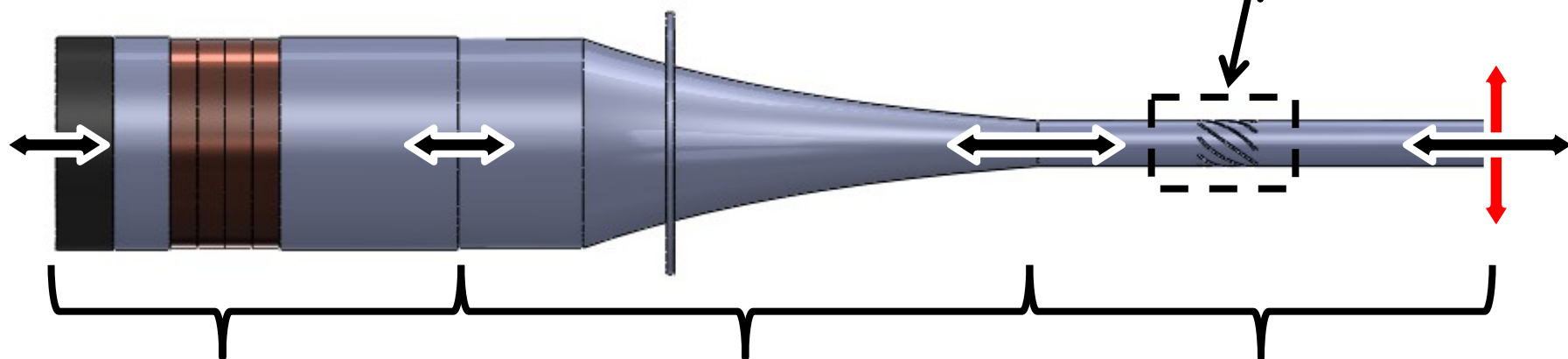
異種金属の接合

複合振動を用いることで低加圧状態でも強度が向上

縦－ねじり振動を得る方法

円筒形状の振動体に対して斜めのスリットを入れることで縦－ねじり振動を発生させる。

↔ : 縦振動 ↔ (red) : ねじり振動



交流電圧を加えると

数[μm]の縦振動が発生

縦振動増幅ホーン

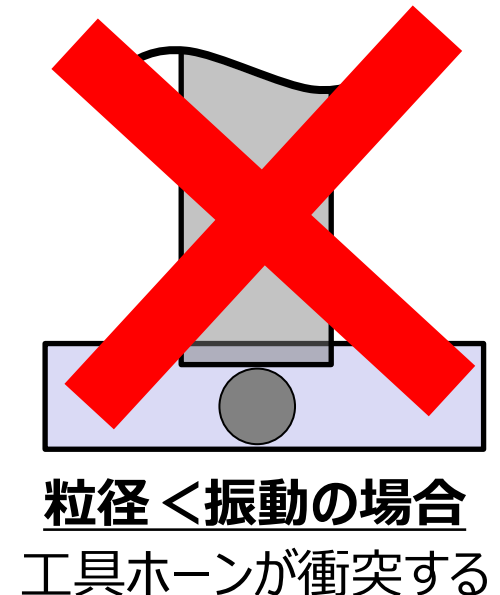
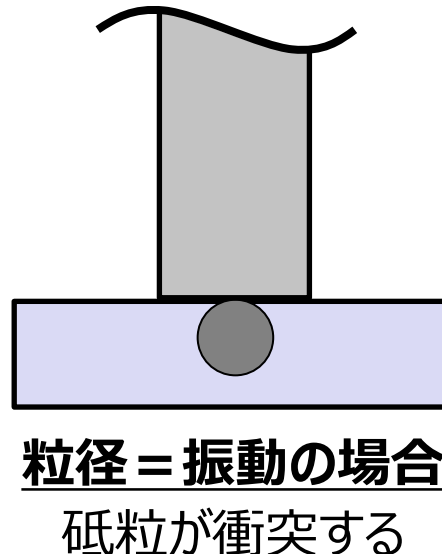
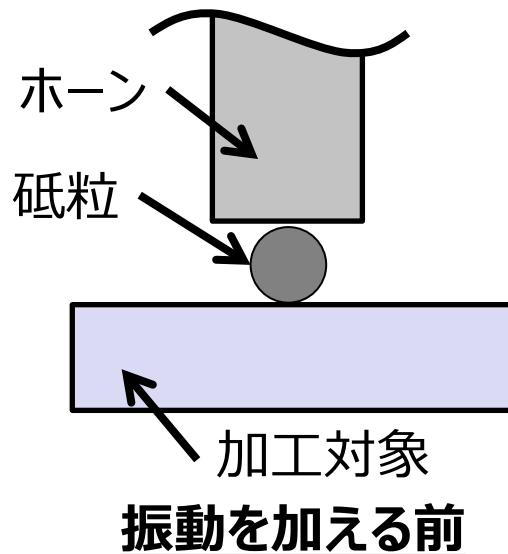
数十[μm]に増幅

スリット付き工具ホーン

ねじり振動を発生

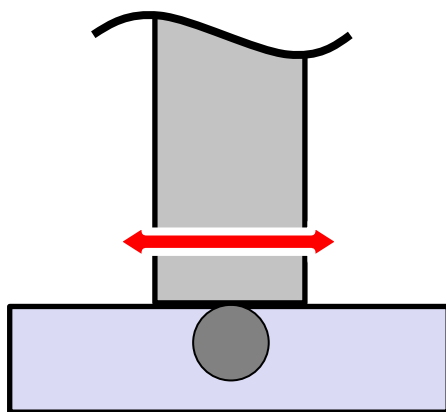
問題点

加工速度は使用する砥粒の粒径によってほぼ決定している。
縦振動による加工においては、砥粒の粒径と同じ縦振動の大きさにすることが最も加工速度が早くなる。（例、粒径20 μm = 縦振動20 μm ）
加工速度を早くするため、更なるエネルギーとして振動を大きくすると、加工対象と工具ホーンが衝突するため、加工対象と工具ホーンを損傷する可能性が高い。

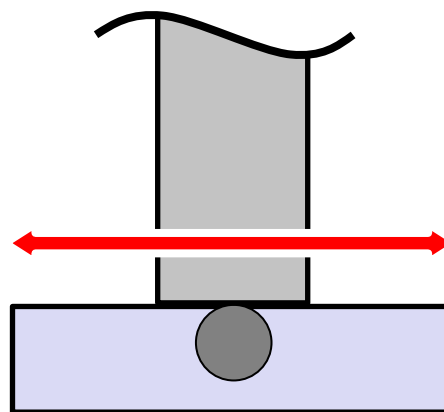


解決方法

加工対象に対して垂直方向の縦振動では、更に大きなエネルギーを加えられない。そこで、加工対象と工具ホーンが衝突しない振動方向であるねじり振動を用いることを考えた。これにより、従来の縦振動のみによる加工と比較して、更なるエネルギーを加える事ができる。これによる加工時間の短縮が出来ると考えた。なお、除去は砥粒の衝突だけでなく、ねじり振動と砥粒によって削り取るような効果が期待できる。

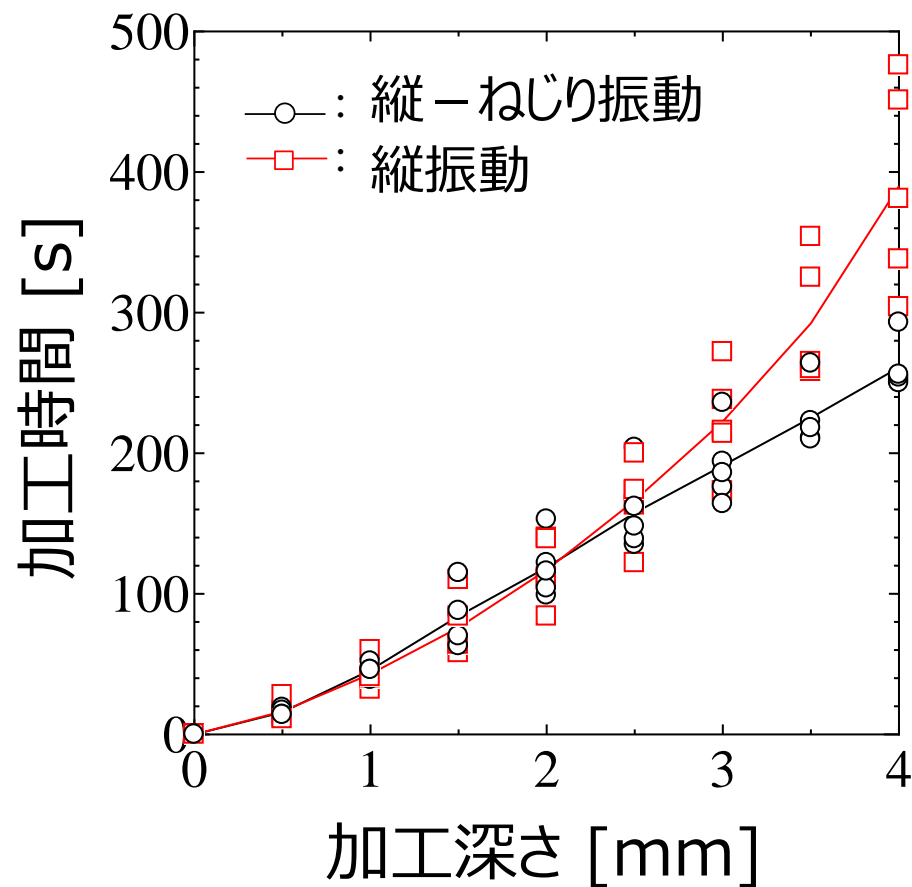


粒径 = 縦振動
ねじり振動を加える



粒径 = 縦振動
更にねじり振動を加える

ねじり振動を加えても
工具ホーンと
加工対象は衝突しない



厚さ4 mmのソーダライムガラスに対して
直径8 mmの丸穴の加工を行った。

縦振動による加工

加工時間は、加工深さが増加するにつれて、大幅に増加している。これは、加工速度が加工深さの増加に伴って、低下しているためである。

縦－ねじり振動による加工

加工時間は、加工深さの増加に比例して、増加している。これは、加工速度が加工深さが増加しても、ほぼ一定のためである。

超音波振動による接合チップの動き

接合チップを上から押し付ける

接合対象A

接合対象B

接合対象固定治具

接合方法

接合対象を重ね合わせ、上から接合チップを押し当てる。その後、振動を加えることにより、接合対象同士を擦り合わせる。これにより、接合対象表面の酸化膜等が除去され、お互いが噛みあうことで接合される。

利点

スポット溶接で困難な低電気抵抗の金属を接合できる。

金属を溶かさないので、融点の異なる金属同士を接合できる。

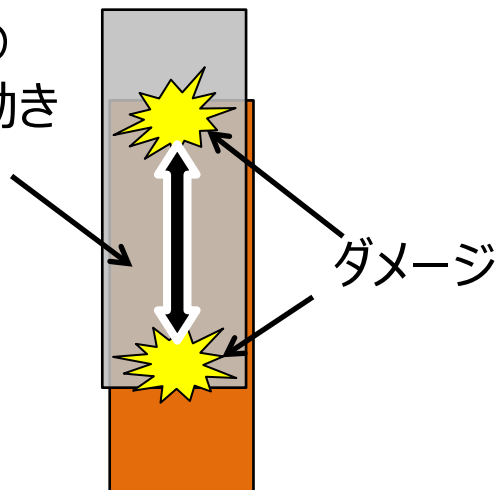
問題点

接合チップの動きが直線のため、接合対象へのダメージが大きく、接合強度の低下がある。これは、動きの始点終点にて、チップの動きが止まり、ダメージが蓄積されるためである。

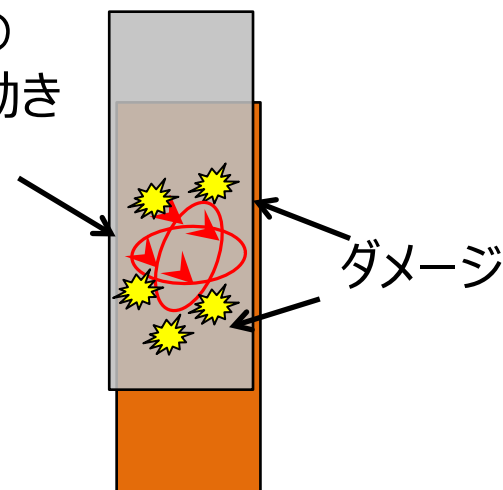
解決方法

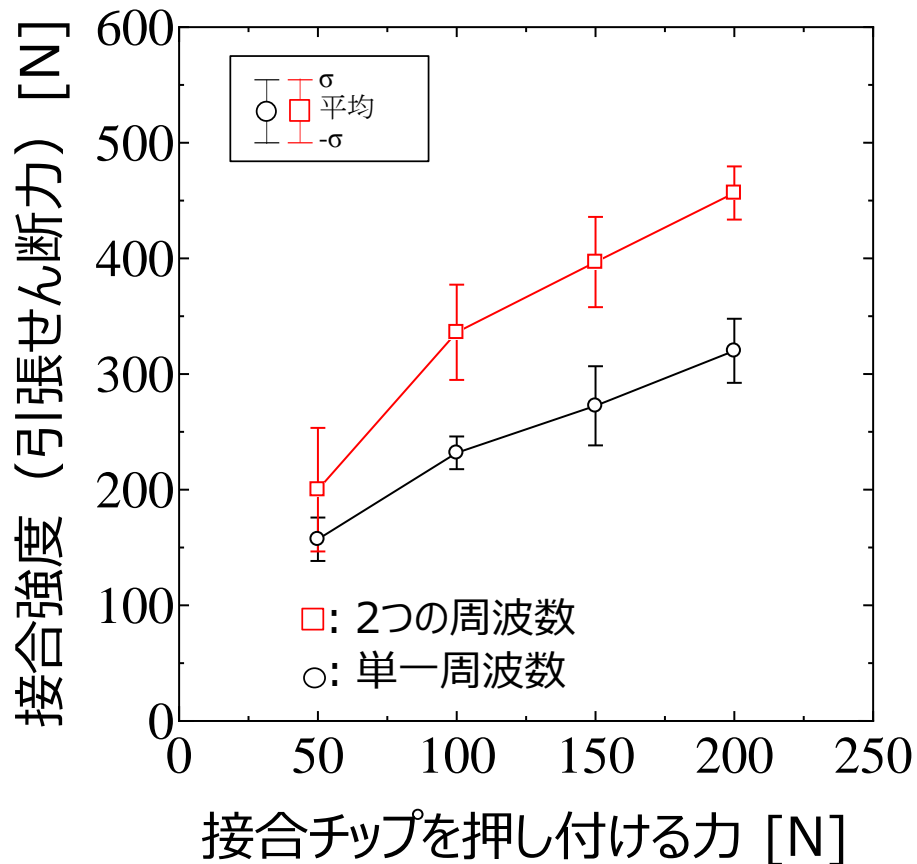
接合チップの動きを複雑にすることにより、接合対象へのダメージを分散させ、接合強度の向上を図る。

従来方法の
接合チップの動き
(直線)



当研究室の
接合チップの動き
(複雑)





接合強度

銅板とアルミ板を長手方向に互いに引っ張り、剥離した強度を接合強度とした。

単一周波数による接合

最大300 N程度となった。

2つの周波数による接合

最大450 N程度となり、単一周波数の約1.5倍の接合強度が得られた。

脆性材料（ガラス、セラミックス）の加工

- ・加工機としての装置の設計開発
- ・小径（数百 [μm]~数十 [μm]) での加工

異種金属の接合

- ・接合機としての装置の設計開発
- ・接合チップの大型化（ $8 \times 8 \text{ mm}$ を目標）
- ・短時間での接合（ 1 s を目標）
（現在は、チップが小さいため接合時間を要している）