

6061 アルミニウム合金と S45C 炭素鋼の 摩擦圧接継手の衝撃引張り強度の評価

岡山理科大学

横山 隆

岡山理科大学[院]

山口 真司

1. 緒 言

現在、摩擦圧接法は他の溶解溶接法に比べて比較的異種金属の接合が容易なため、異材継手の製作に幅広く適用されている。今後さらに、摩擦圧接継手を工業的に広く用いるためには、圧接継手の強度特性に関する基礎的データを蓄積する必要がある。特に衝撃荷重を受ける機械部品に摩擦圧接継手を使用する場合には、静的引張り強度[1]だけでなく、衝撃引張り強度の評価が不可欠である。しかしながら、衝撃試験データとしては、シャルピー衝撃試験機による圧接部の衝撃吸収エネルギーの測定[2]があるにすぎない。

本研究では、軽量化を目的とした 6061 アルミ合金と S45C 炭素鋼を摩擦圧接した継手部から、放電加工により製作した丸棒試験片の衝撃引張り強度を、著者らが開発したホプキンソン棒法による衝撃試験装置[3]を用いて精密に評価した。また、インストロン試験機を用いて静的引張り試験を行った。その結果、引張り強度データは多少バラツキがあるが、一般的傾向として衝撃引張り強度は静的引張り

強度よりも少し低下する傾向があることがわかった。この原因としては、摩擦接合界面に形成された脆性な金属間化合物の存在によるものと思われる。

2. 試験方法

2.1 摩擦圧接試験片の作成

本試験において使用した静的引張り試験片と、衝撃引張り試験片は、直径 30mm のアルミニウム合金(AI6061)及び炭素鋼(S45C)の丸棒を、摩擦圧接機(日東製機 FF-50-2C)を用いて摩擦圧接した後、放電加工により採取したものである。使用した材料 AI6061-T6, S45C の機械的特性を Table1 に示す。なお圧接条件については、著者らの前報[4]を参照されたい。

Table1 Nominal tensile properties of base metals

	Yelde strength $\sigma_{0.2}$ (MPa)	Tensile strength σ_b (MPa)	Elongation δ (%)
AI6061-T6	283	324	21
S45C	422	770	23

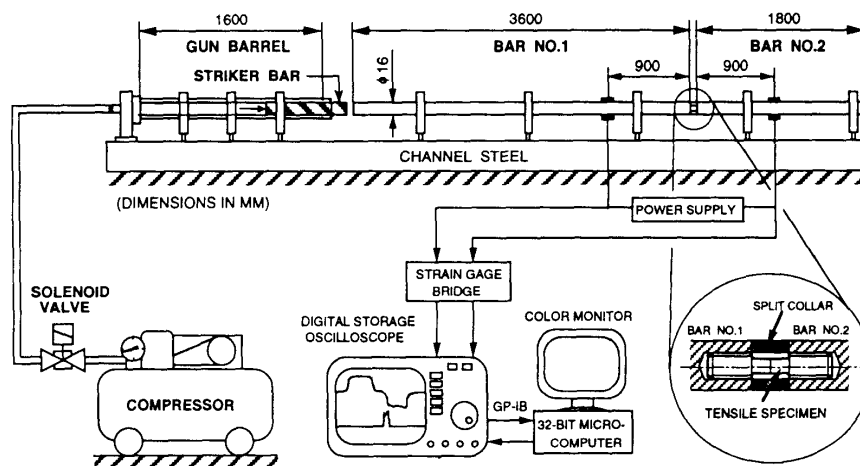


Fig.1 Tensile Hopkinson bar apparatus (insert showing details of attachment of specimen to Hopkinson bars)

2.2 引張りホプキンソン棒試験装置

衝撃引張り試験装置の概略図を Fig.1 に示す。本衝撃引張り試験では、引張りパルスを生じさせるために、2本のホプキンソン棒とよばれる細長い弾性

棒 (JIS SUJ2:φ16mm×3.6m, φ16mm×1.8m) と打出し棒 (JIS SK5:φ16mm×0.45m) を使用した。衝撃引張り試験片を、端面にねじ穴 (M8×1.0) をもつ弾性棒 1, 2 に取り付ける。その際に試験片の平行部周

りに、スプリット・カラーとよばれる円環(JIS SUJ2: 外径 ϕ 16mm, 内径 ϕ 8mm, 長さ20mm)を通す。

打出し棒をコンプレッサーの空気圧を利用して発射し、弾性棒1の端面に衝突させることで圧縮ひずみパルスが発生させる。圧縮ひずみパルスが、弾性棒1から弾性棒2へ伝播する際に、スプリット・カラーは試験片に作用する初期の圧縮ひずみパルスを回避している。圧縮ひずみパルスは、弾性棒2の右端の自由端で反射して、引張りひずみパルスとして左端まで伝播する。試験片に振幅の十分大きい引張りパルスが作用すると、試験片は衝撃的に引張られて破断する。その結果、透過ひずみパルスは急激に減少する。この透過ひずみパルスを弾性棒1に貼付されたひずみゲージで測定し、荷重を算出することにより、破壊開始時の衝撃引張り強度を決定することができる。

2. 3 衝撃引張り強度の評価式

一次元弾性波伝播理論に基づくと、圧接面に作用する動的平均応力-時間関係は、出力棒上のひずみゲージで測定したひずみパルスから、つぎのように決定できる。

$$\sigma(t) = \frac{A}{A_s} E \varepsilon_t \quad (1)$$

ここで E , A , A_s は2本のホプキンソン棒(弾性棒)のそれぞれヤング率, 断面積, 試験片平行部の断面積である。 E は縦ひずみパルスの伝播速度 $C_0 = \sqrt{E/\rho}$ から決定した動的な値(JIS SUJ2: $E = 209\text{GPa}$)である。この透過ひずみパルス ε_t を、式(1)に代入して得られた試験片のゲージ長さ部(接合面)の平均引張り応力のピーク値(最大値)から接合部の衝撃引張り強度を決定した。

3. 試験結果と考察

摩擦圧接継手試験片の引張り強度に及ぼす荷重速度の影響を調べるために、静的及び衝撃引張り強度データを、荷重速度に対してプロットした関係をFig.2に示す。Fig.2の応力速度 10^1MPa/s , 10^3MPa/s オーダの抵ひずみ, 中間ひずみ速度試験は、インストロン万能試験機のクロスヘッドスピードを 2mm/min から 100mm/min と変化させて行い、応力速度 10^6MPa/s オーダの高ひずみ速度試験は、ホプキンソン棒衝撃引張り試験装置で行ったものである。静的引張り荷重下で約 290MPa と約 230MPa , 衝撃引張り荷重下で約 250MPa と約 180MPa となりバラツキが存在するが、周辺部と中心部から採取した位置による差異はなく、応力速度の上昇に伴い、

静的試験に比べ衝撃試験の引張り強度が低下する傾向がある。また、どの摩擦圧接継手の強度もTable1に示す母材のアルミニウム合金(Al6061-T6)静的引張り強度以下である。

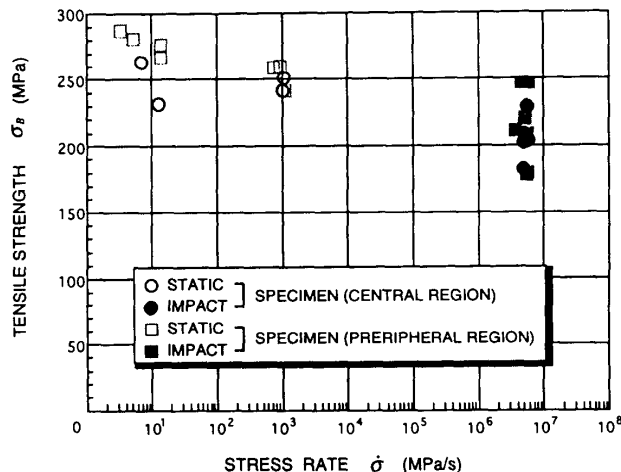


Fig.2 Effect of stress rate on tensile strength of friction welded joint specimen

4. 結論

1. 本ホプキンソン棒法によると、摩擦圧接継手に対する応力速度 10^6MPa/s オーダでの引張り強度を測定することができる。
2. 摩擦圧接継手の引張り強度は、静的試験(応力速度 10^1MPa/s)から衝撃試験(応力速度 10^6MPa/s)の応力速度の上昇に伴い、5~35%低下する。
3. Al6061とS45Cの摩擦圧接において、試験片の採取位置による強度の違いはない。
4. 摩擦圧接継手の強度は、母材のアルミニウム合金(Al6061-T6)の静的引張り強度以下である。

参考文献

- [1] 越智, 小川, 山本, 菅, 日本材料強度学会誌, 29, No.1, (1995), pp.18-25
- [2] 越智, 小川, 山本, 菅, 日本材料強度学会誌, 28, No.4, (1996), pp.143-154
- [3] 横山, 材料, 14, No.7, (1996), pp.785-791
- [4] 横山, 山口, 日本非破壊検査協会. 応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム講演論文集, (1997), pp.182-187