

金属材料の降伏応力の精密計測

日大生産工(院) ○河村 裕太, 日大生産工 前田 将克
日大生産工 鈴木 康介, 日大生産工 (非常勤) 高橋 進

1. 緒言

自動車のボディ部品は、プレス成形などで加工されており、その金型の開発では成形シミュレーションが用いられ、シミュレーションが高精度化すると金型の開発コスト・時間を削減することが可能となる。高精度化には材料の正確な物性値が必要である。高張力鋼板やアルミニウム合金板は一般的に降伏点が出現しない材料である。現在、降伏点が出現しない材料は0.2%耐力を代わりに用いている。しかし、そもそも0.2%耐力が正確な降伏応力ではなく、さらに比例限の取り方によっても変化するため、0.2%耐力に代わる降伏応力の求め方の検討が必要である。金属材料は弾性域では体積増加によって温度が低下する。塑性変形すると体積一定となりエネルギーを放出する。このエネルギーは主に熱に変換されるので温度の最小値を降伏応力の決定に用いることができると考えられる。そこで、本報告ではアルミニウム合金A6061とJSC590を引張試験時に熱電対を用いて温度測定することで降伏応力を測定し、測定した弾性限と0.2%耐力を比較した。また、より安定した温度計測についても併せて検討を行ったので報告する。

3. 熱起電力測定と温度測定の比較

2.1. 試験方法

試験は、万能引張試験機（島津製作所製オートグラフAG-X 100 kN）を使用した。熱電対を用いてデータロガーで熱起電力を計測し、そのデータを手計算することで温度を求める方法とデータロガーで温度を計測する方法で比較した。これは熱起電力を測定し、手計算の方が、データロガー内で温度に計算する必要がなくなる分、応答速度が速くなり、荷重と温度の応答差が小さくなると思ったため実施した。計測方向は、試験片の圧延方向とした。温度計測には、線形0.32mmのT型熱電対(チノー社製)を用いた。熱電対は、溶接しやすいうように素線をハンマーで叩いてから、試験片中央に貼り付けた。熱電対はアルミ粘着テープで接着した。試験片としてA6061を使用し、試験片形状をFig.1に示すJIS5号とした。試験機の移動条件

として、引張長さを1mm→0.7mmにする行為を3回行うことで荷重と温度の応答差を調査した。試験速度は7.5mm/minとした。

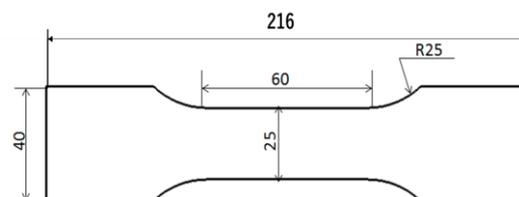


Fig.1 Specimen shape

2.2. 試験結果及び考察

荷重と熱起電力から求めた温度の関係をFig.2に、荷重と計測温度の変化の関係をFig.3に示す。これらのグラフは横軸を時間、縦軸左を荷重、縦軸右を温度としている。この結果の荷重線図の山、谷部の頂点を時間が早い順に1～5とした。この番号ごとの荷重を基準にした荷重と温度の時間の応答差をFig.4に示す。熱起電力から求めた温度では、平均0.038秒の応答遅れであったが、計測温度では、平均0.160秒の応答遅れであった。この結果から熱起電力を測定した方が荷重と温度の応答差が小さくなることがわかった。これは熱起電力を直接、電圧として計測するため、演算処理による遅れが少なくなるためだと考えられる。

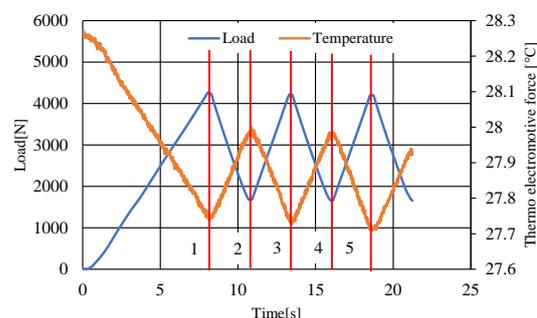


Fig.2 Temperature change to load (Thermo electromotive force)

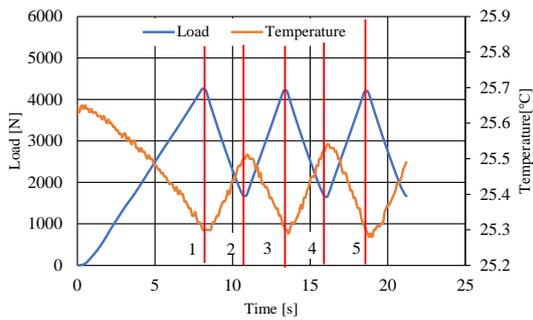


Fig.3 Temperature change to load (temperature)

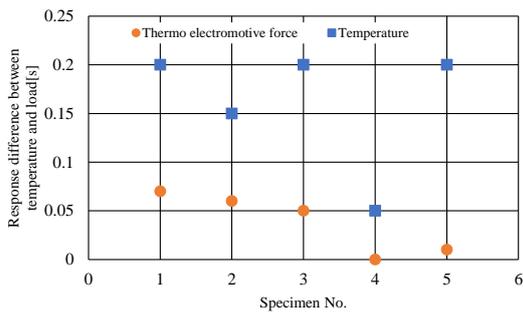


Fig.4 Response difference by temperature measurement method in A6061

3. A6061とJSC590の降伏応力計測

3.1. 試験方法

温度計測によって求めた降伏応力と0.2%耐力について比較を行った。比較を行うため、試験では温度、荷重、ひずみを計測した。引張試験中のひずみの変化は、ひずみゲージ(共和電業製STEEL用KFGS-02-120-C1-23/11 L3M2R)を用いて計測した。ひずみゲージは試験片中央に貼り付けた。熱電対は素線径0.32mmのものを試験片中央にアルミ粘着テープで張り付けた。また、温度は熱電対によって測定した熱起電力から求めた。試験片はA6061, JSC590をJIS5号に加工し、各材料で3回試験を行った。試験速度7.5mm/minで引張試験を実施した。

3.2. 試験結果

試験結果を代表して、A6061の応力ひずみ線図と温度ひずみ線図をFig.5に示す。横軸をひずみ、縦軸左を荷重、縦軸右を温度としている。応力ひずみ線図の比例減を0.2%分ずらしたものを赤線で示している。この赤線と応力ひずみ線図の交点が0.2%耐力となる。A6061とJSC590の0.2%耐力と最低温度時の降伏応力の比較をFig.6,7を示す。横軸を試験番号、縦軸を降伏応力としている。

どの材料の試験片でも、温度計測による降伏応力が0.2%耐力よりも低い値であった。また、減少した割合は平均で、A6061で5.2%、JSC590では11.8%であった。

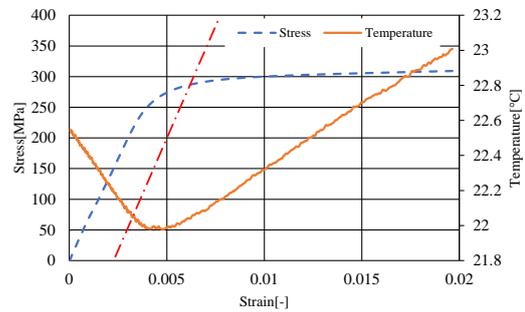


Fig.5 Stress-strain and temperature-strain diagrams for A6061

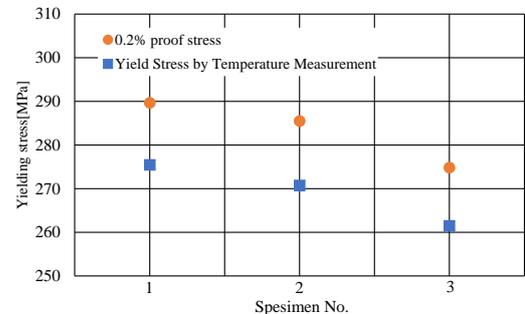


Fig.6 Comparison of 0.2% proof stress and temperature-measured yield stress of A6061

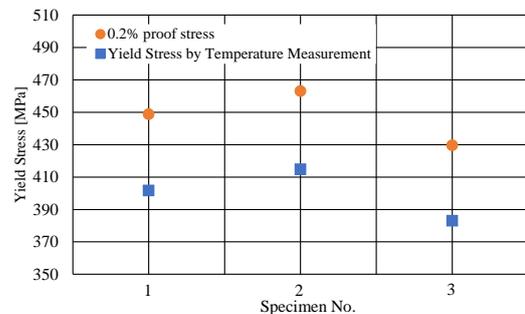


Fig.7 Comparison of 0.2% proof stress and temperature-measured yield stress of JSC590

4. 結言

- 1) 熱起電力を測定した方が温度と荷重の応答差が小さくなっていった。
- 2) 降伏応力は0.2%耐力よりも温度計測によって求めた方が低い値を示した。