

アルミ合金溶接部の残留応力の解析

利用者 黒田 明浩
所属 スズキ株式会社

1. はじめに

複雑形状の二輪車アルミフレームに対して、中性子の高い透過力により、溶接部内部の残留応力測定が可能であることが実証できた。ただし、a0分布が凝固組織の影響を大きく受けているため、測定信頼性について今後検討する必要がある。

2. 実験目的

二輪車のスポーツモデルでは、多くの機種においてアルミ合金製の車体を採用している。この車体は、溶接を施したフレーム構造を採用することにより、軽量、高剛性を図ると共に、高い運動性能を実現している。更なる軽量化、開発期間短縮を目指し、フレーム構造の設計技術を向上させるには、CAEによる強度、剛性、耐久性について精度の高い評価が不可欠である。しかし、溶接部の残留応力については、歪みゲージ法やX線回折法では内部の残留応力を正確に把握することは困難であり、解析結果との検証も進んでいない。そこで、透過力の高い中性子による溶接部内部の残留応力測定を試みた。複雑形状の二輪車アルミフレームに対して、中性子の高い透過力により、溶接部内部の残留応力測定が可能であることが実証できた。ただし、a0分布が凝固組織の影響を大きく受けているため、測定信頼性について今後検討する必要がある。

3. 実験方法

実験には、図1に示すように、アルミ鋳造部品およびプレス部品を溶接により組み立てたフレーム実体を用い、波長0.173nm、回折面(311)、ビームサイズ2mm x 2mmの条件にて測定を行った。測定位置は、表面から深さ2mm、溶接ビード直交方向に5mmピッチで13点とし、各点について溶接ビードとの平行方向L、直交方向T、法線方向Nの測定をおこなった。さらに、粗大結晶粒による回折強度のパラツキを抑えるため、各測定点にて±10°の揺動を加えた。また、基準となる無歪みd0サンプルは、同一条件で作製したフレーム実体から溶接部を切り出し、ワイヤカットにより3mmピッチでスリットを導入したものをを用いた。なおd0サンプルについては、マシンタイムの都合で直交方向Tのみを測定した。

4. 研究成果

測定結果の代表例として、図2に回折強度を、図3に各測定点における3方向の格子間距離を示す。回折強度については、±10°の揺動を加えることにより、結晶粒の影響を受けずに安定したデータを得ることができた。また、溶接ビードの幅は約18mmであるが、LD方向およびTD方向において、溶接部で大きく格子間距離が変化していることが分かる。無歪みd0サンプルTD方向についての格子間距離測定例を図4に示す。溶接ビード中央で格子間距離が最大となるデータが得られたが、凝固組織の影響を受けて特定の結晶粒からの回折のみを検出している疑いがある。そこで、残留応力の検討については、測定値そのままのa0分布と中央から±5mmの位置での格子間距離の平均値をとったa0分布の2パターンを用いた。a0分布を用いた場合の残留応力分布を図5に、a0分布を用いた場合を図6に示す。a0分布を用いた場合には溶接部に圧縮の残留応力が、a0分布の場合には引張の残留応力が生じているという解析結果が得られた。

5. 結論・考察

二輪アルミフレームという複雑形状においても、中性子の高い透過力により、溶接部の残留応力測定が可能であることが実証できた。ただし、溶接部については凝固組織の影響を大きく受けている疑いがあり、無歪みサンプルにおけるa0分布の取り方により、残留応力値が反転してしまう。なお、今回の結果は暫定的なものであり、今後a0分布を正確に測定する必要がある。また、全体的にはばらつきが大きい分布であり、組織の影響など測定信頼性についても今後検討する必要がある。

6. 引用(参照)文献等

なし



図1 フレーム残留応力測定状況

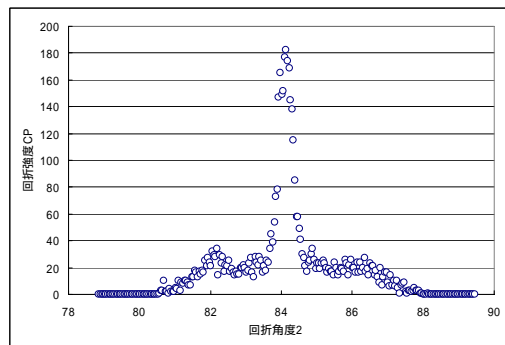


図2 回折強度測定例

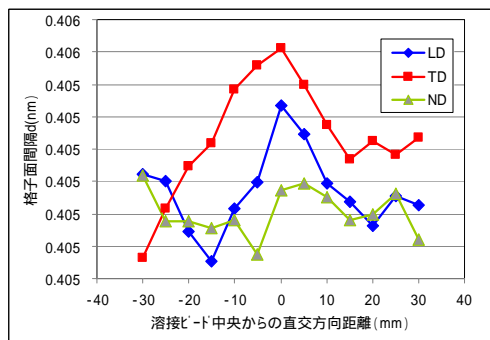


図3 各測定点における3方向格子間距離

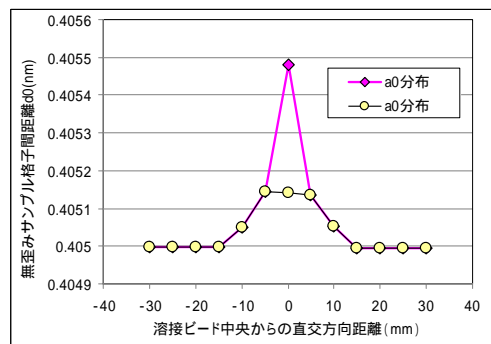


図4 無歪みサンプルのTD方向格子間距離

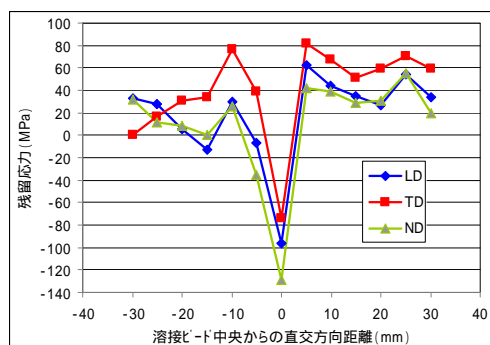


図5 a0分布を用いた残留応力計算結果

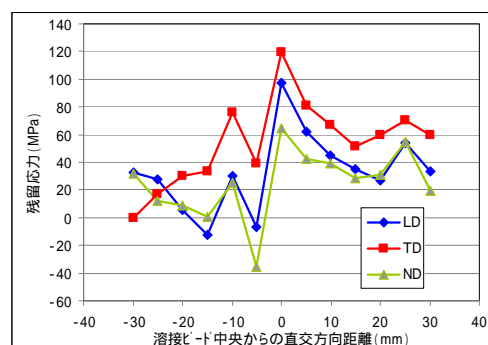


図6 a0分布を用いた残留応力計算結果

アルミ合金溶接部の残留応力の解析

利用者 石塚 哲、黒田 明浩

所属 スズキ株式会社

1. はじめに

中性子を用いた二輪車アルミフレーム溶接部の残留歪み測定結果に対し、無歪みd0サンプルの格子間距離分布を求めることで、溶接部に生じている残留応力を解析することができた。ただし、溶接ビード内部に圧縮残留応力が生じているという結果については引き続き検証が必要である。

2. 実験目的

二輪車のスポーツモデルでは、多くの機種においてアルミ合金製部品を溶接で組み立てたフレーム構造を採用している。更なる軽量化、開発期間短縮を目指し、フレーム構造の設計技術を向上させるには、溶接部の残留応力を正確に把握することで、CAEによる強度、剛性、耐久性の予測精度を高める必要がある。前回のRESA-1を用いた測定では、複雑形状の二輪車アルミフレームに対して、中性子の高い透過力により、溶接部内部の残留ひずみ測定が可能であることを実証したが、a0分布について凝固組織の影響を十分検証できなかった。今回は、RESA-2にてa0分布を詳細に測定し、凝固組織が測定信頼性に及ぼす影響について検討をおこなった。

3. 実験方法

RESA-2での実験状況および測定サンプルを図1、2に示す。同一条件で作製したフレーム実体から溶接部を切り出し、ワイヤカットにより3mmピッチでスリットを導入したものを無歪みd0サンプルとして用いた。測定条件は、波長0.184nm、回折面(311)、ビームサイズ3mm×4mm、揺動±15°とし、広範囲の平均的なデータを収集することで回折強度の安定化を図った。測定位置は、表面から深さ2mm、溶接ビード直交方向に5mmピッチで9点とし、各点について溶接ビードとの平行方向L、直交方向Tでの測定をおこなった。さらに、(220)、(200)、(111)面についてもT方向のみであるが格子間距離を測定し、凝固組織の影響を受けて特定の結晶粒からの回折のみを検出していないか、精度検証をおこなった。

4. 研究成果

無歪みd0サンプルにおける、各回折面での格子間距離測定結果を図3に示す。溶接ビード部で格子間距離が最大となる傾向は、(311)面のL方向、T方向で同じであった。また、(311)、(220)、(200)、(111)面のT方向においても、溶接ビード部で格子間距離が最大となる傾向は同様であることから、格子間距離の変化は、凝固組織の影響や測定精度の問題ではなく、溶接ビード部固有の現象であることが判明した。図4にRESA-1で測定した無歪みd0サンプルでの格子間距離測定結果を示すが、今回のRESA-2での測定と同じ傾向を示している。従って、RESA-1で測定したa0分布の精度に問題ないことも確認できた。以上より、RESA-1での残留ひずみ測定データに基づき計算した溶接部の残留応力分布は図5のようになり、溶接ビード内に圧縮の残留応力が生じているという解析結果が得られた。

5. 結論・考察

今回の測定結果から、無歪みd0サンプルは回折面や測定方向で同じ格子間距離データが測定できることから、残留応力が十分開放されたものである。このa0分布を基としたアルミフレーム溶接部の残留応力は、溶接ビード止端付近の引張残留応力が最も高く、逆に溶接ビード内は圧縮の残留応力が生じていることとなる。この要因として、母材はAl-Si-Mg系合金、溶接ワイヤーはAl-Mg系合金のため、溶接部での化合物の析出状態が影響を及ぼしているものと推測するが、引き続き検証が必要である。

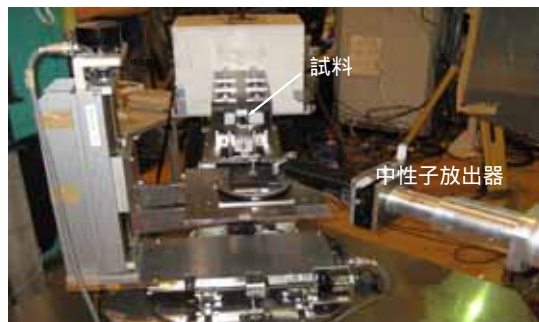


図1 無歪みd0サンプル残留歪み測定状況

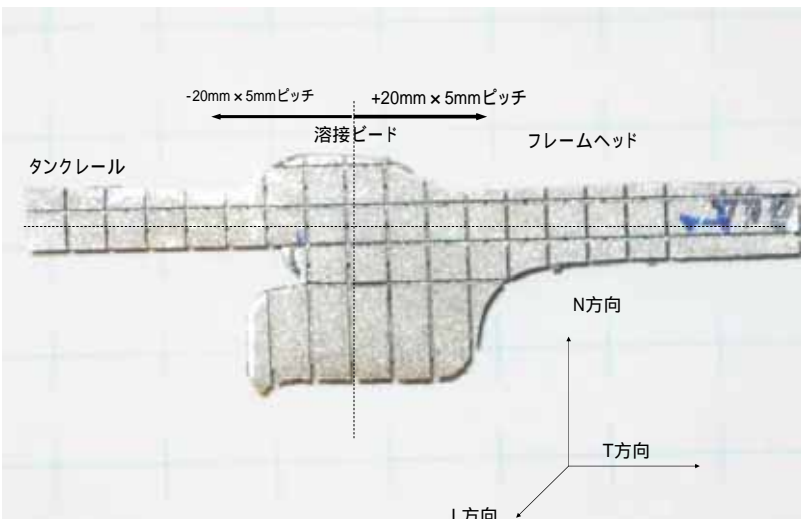


図2 無歪みd0サンプル

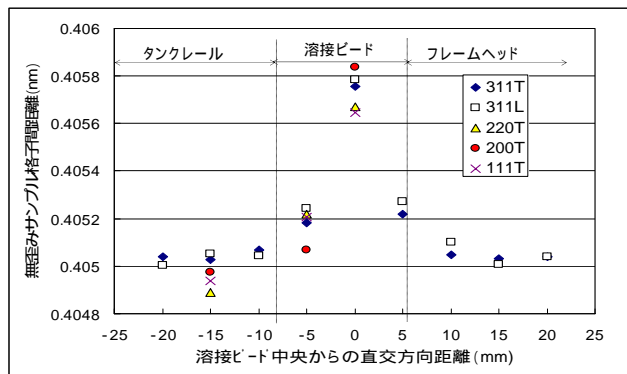


図3 各回折面での格子間距離測定結果 (RESA-2)

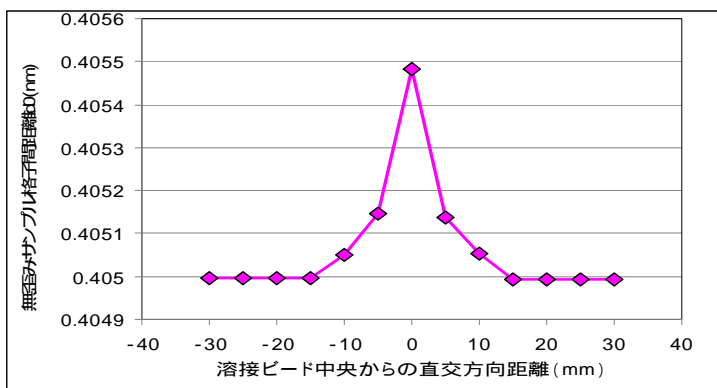


図4 無歪みd0サンプルのT方向格子面間隔 (RESA-1)

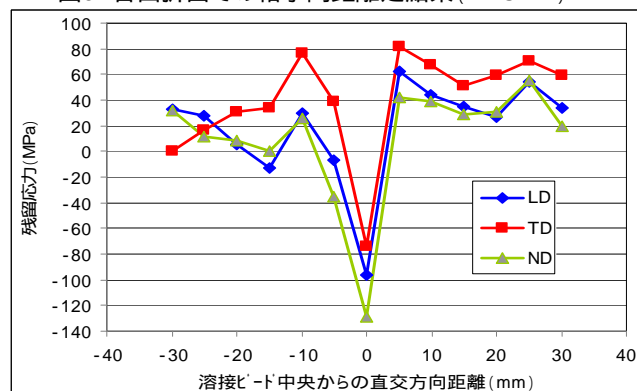


図5 アルミフレーム溶接部残留応力計算結果