

ろう付の雰囲気制御加熱による、ぬれ性、接合状態に関する基礎評価

キーワード：ろう付、雰囲気制御加熱、ぬれ性、接合状態

はじめに

ろう付は、溶接法で分類されるろう接に属し、母材より低い融点を示すろう材を用いて母材をできるだけ熔融しないで接合する方法です。そのため、小物部品や薄板、複雑形状品に対して非常に有効で、多数の箇所を同時に接合可能なことから、自動化や量産化にも対応できます。最近では、軽量化等に対してニーズが高まっている異材接合(マルチマテリアル化)に対しても比較的適した方法であることから、ろう付技術のさらなる高度化が期待されています。

ろう付は、熔融したろう材が母材に対してぬれ性を有し、かつ、ろう材と母材間で健全な接合が達成されなければなりません。どのような条件下でろう付が良好に行えるのか予め検討しておけば、その後の試作開発、製品化、および製品トラブル等に対して有益な技術データとなります。ここでは、ニッケルろう材とステンレス鋼の組み合わせでろう付の基礎評価を行った事例を紹介します。

試料作製と評価方法

評価試料の作製は、真空や一定流量のガス中といった雰囲気制御が可能な加熱炉を用いて行いました。これは、JIS Z 3191 ろうのぬれ試験方法 7.1 広がり試験に対応する形式となっています。評価は、まず試料外観からぬれ広がりについて行います。これは、ぬれ広がり具合により、接合したい母材に対するろう材の適用の可否について判断するもので、ろう付において極めて重要な指標の一つです。次に、試料断面の金属組織観察を行うことにより、ろう材の凝固組織やろう材と母材の接合界面における拡散層や亀裂等の有無を調べ、接合状態に問題が生じていないかを確認します。

ステンレス鋼へのニッケルろう付の評価

母材としてステンレス鋼基板(SUS304、30 mm×15 mm×0.3 mm)、ろう材としてペースト状のニッケルろう材(トーヨーメタル(株)製、BNi-2 相当、液相線温度約 1000℃)を用いました。基板に 2000 番までのエメリー研磨とアセトンによる超音波洗浄を施した後、速やかに基板上に一定量のろう材を置き、

油回転ポンプによる真空デシケータ内で 10 分間乾燥させました。図 1 にその時のろう材の状態を示します。乾燥後速やかに加熱炉に挿入し、炉内雰囲気を調整し、1050℃まで加熱し 5 分間保持後に炉冷しました。雰囲気は、表 1 に示す 5 条件で検討しました。下段にいくほどろう材および基板表面の酸化抑制が期待できる条件となっています。

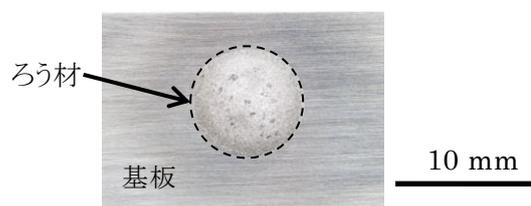


図 1 ステンレス鋼基板上に置いたニッケルろう材

表 1 検討した加熱雰囲気条件

条件	雰囲気
1	大気
2	アルゴン-水素混合ガス(水素:数%, 流量:500mL/分)
3	高純度アルゴン(純度:99.999%, 流量:500mL/分)
4	真空(油回転ポンプ, 真空度:約 10^{-1} Pa)
5	真空(油拡散ポンプ, 真空度:約 10^{-4} Pa)

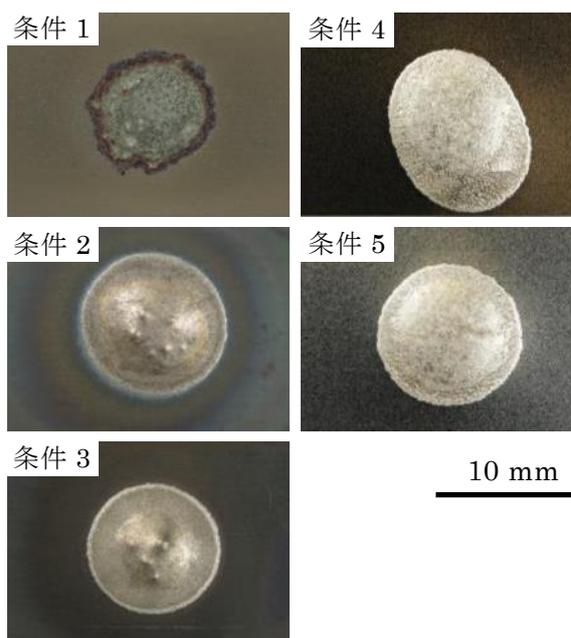


図 2 加熱後の SUS304 基板上でのニッケルろう材の外観

図 2 に、各条件の加熱後における基板およびろう材の外観を示します。これらから表面酸化、ろう材の表面形態、および基板上でのろう材のぬれ広がりの様子が条件によって異なることがわかります。ぬれ広がりに最も悪影響を及ぼす表面酸化の程度は、基板の変色や光沢から判断して、条件1>2=3>4>5の順となっており、4と5以外では基板の金属光沢は失われています。一般的に、ぬれ広がりは母材の光沢が失われるような酸化雰囲気では発現困難と考えられますが、本実験では条件1でのみほとんど発現せず、それ以外では発現を認めました。この結果より、ぬれ広がり観点からは、大気ほどの高い酸素濃度でなければ雰囲気として支障のないことがわかりました。ぬれ広がったもので比較すると、条件2、3の場合にはろう材表面に複数の突起が認められますが、条件4、5の場合には突起はなく表面が滑らかです。外観としては、酸素濃度の低い雰囲気において、よりきれいに仕上がっています。

図 3 に、加熱後の試料断面のマクロ組織を示します。条件1、2、3のろう材中に黒い斑点状に見える箇所は全て空隙ですが、条件4、5では認められませんでした。空隙は、条件1で最も多く、2と3においても広い領域を占めています。詳細なメカニズムは不明ですが、図3より空隙の生成量は、雰囲気の酸素濃度に関係していると考えられます。空隙が多いとろう材の強度が低下する、すなわち接合強度の低下に直結するため、空隙は少なくする必要があります。したがって、条件2、3においては、ぬれ広がりだけなら問題はありませんでした。ろう付としては不良であることがこの結果から明らかとなりました。また、断面組織を詳細に観察すると、条件2、3のろう材表面に近い空隙は、突起の直下にあることがわかりました。突起は、その直下に生じた空隙によって形成されたと考えられ、断面を観察することなく、突起の有無でろう付の良否を判断できることがわかりました。

図 4 に加熱後の試料断面における基板とろう材の接合部でのマイクロ組織を示します。条件1では接合界面に接合不良箇所が多数生じていますが、条件5では不良箇所は全く認められません。条件2、3、4でも同様に不良箇所は皆無で、接合部の良否という観点では、ぬれ広がりの良否と同様の傾向を示しました。

おわりに

ステンレス鋼に対してぬれ性、接合状態ともに健全なニッケルろう付を行う重要なポイントは、真空による酸素濃度を低く抑えた雰囲気の設定にあることが確認できました。このような基礎評価は、ろう付プ

ロセスの構築・最適化に有効と考えられます。

当所では、このようなろう付に関する基礎評価について簡易受託研究などでの検討、対応が可能です。ご興味、ご不明な点がございましたら、遠慮することなく担当までお問い合わせください。

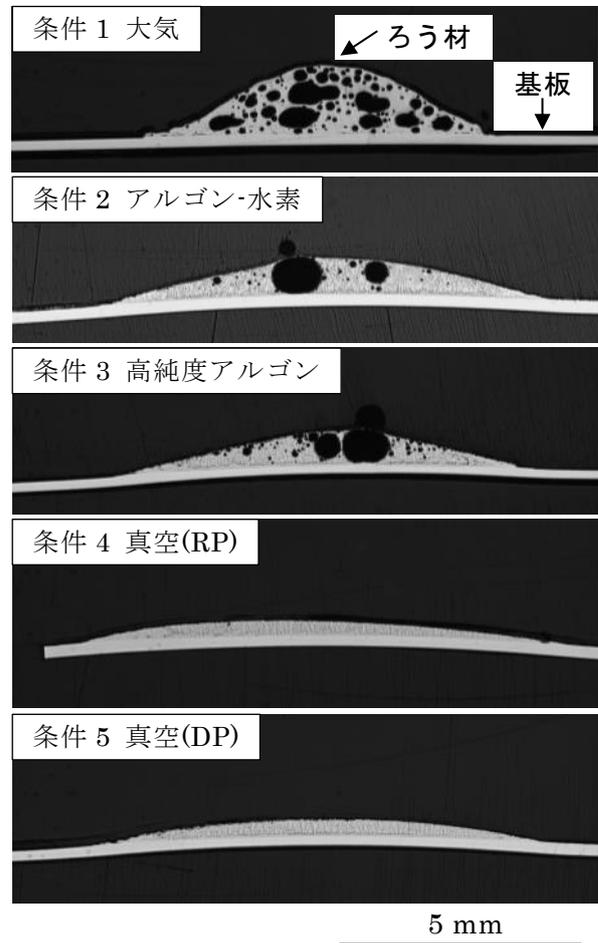


図 3 加熱後の試料断面のマクロ組織

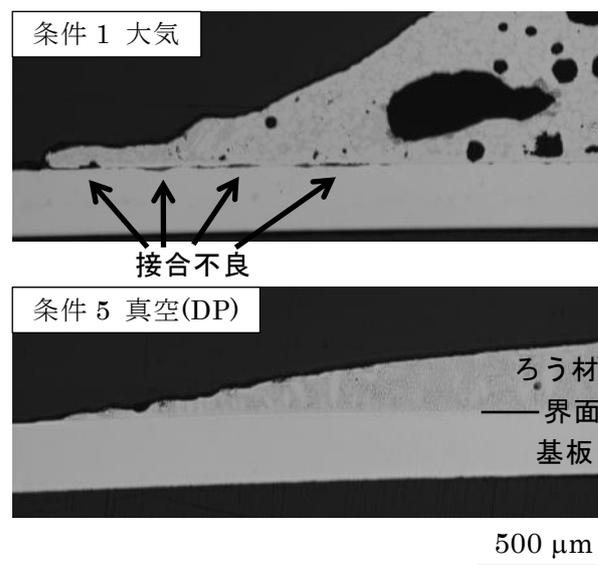


図 4 加熱後の試料断面の接合部のマイクロ組織