

特集：ろう付

ろう付の基礎と製造業へ適用するためのコツ

東海大学
宮沢靖幸

1. はじめに

ろう付 (Brazing) をご存じだろうか？

ろう付は、製造業において重要な接合技術である。

現在利用されている多様な工業製品は、多数の部品を組み合わせる事によって、製造されている。一製品当たりの部品点数は、技術革新などにより減る傾向であるが、部品を組み立てる場合、必ず接合技術が必要となる。金属 AM (Additive Manufacturing ; 積層造形) 技術の出現で、接合技術が不要であるとのディスカッションも見受けられるが、間違いである。接合技術、特にろう付は、製造業分野で今後も必須の重要要素技術である。

一方、接合部には、接合強度、耐食性、導電性、など多様な性能が求められる。また、接合部のサイズや形状などは、製品に大きく依存し、比較的大きな部品に小さな部品を接合する場合もあり、多様な接合技術が必要となる。

多様な接合技術の中で、「ろう付」は、比較的、中型・小型部品同士を接合できる信頼性の高い有用な接合技術である。一方、「ろう付はアーク溶接みたいなものでしょう」、「ろう付は、はんだ付でしょう」などの誤解がある。そこで、本報では、ろう付の定義や原理を簡潔に解説する。将来、ろう付を実際の製造分野で活用いただけるとありがたいと考えている。

ろう付により得られる継手信頼へ強く影響を及ぼす因子は多様であるが、健全なろう付継手を得るために、十分に検討すべき因子が5つにまとめられ、ろう付の五要素と呼ばれている。この五要素の内容を簡潔に紹介し、ろう付を理解頂き、製造業分野で活用頂く事を目的とした。

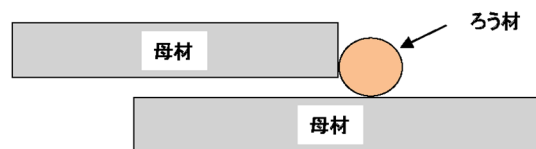
2. ろう付の定義・原理とろう付の技術的位置づけ

2.1 ろう付の定義

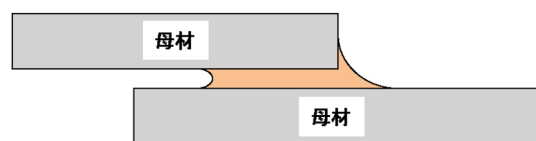
ろう付とは、冶金的な接合技術であり、高性能・高機能な接合部が得られる技術である。モノとモノを接合する方法は、多様である。機械的にボルトとナットで固定する方法、接着剤で接合する方法、金属を溶かして接合する溶接 (融接) などがあり、それぞれに一長一短がある。ろう付は最も古い冶金的接合技術であると言われており、エジプト期の文化遺産の製造に用いられていた。長い歴史の中で様々な進歩を遂げ、現在、多くの工業製品の部品同士の高品質接合を得るために用いられている。

ろう付はろう材と呼ばれる糊 (接着剤) の役割を担う合金を接合部の間に挟み込む事によって接合部を作る技術である。基本原理を図1に示した。図1に示す通り、一定のすき間を持つ接合部の外周部へろう材を配置する。その後、様々な熱源により加熱する。ろう材の液相線温度を超えると熔融ろう材 (糊の役割を担う合金) が母材に対して良好なぬれを示し、すき間へ熔融ろう材が毛細管現象により浸透する。毛細管現象とは、乾いたタオルが水を吸い込む時の物理現象と同じである。その後、

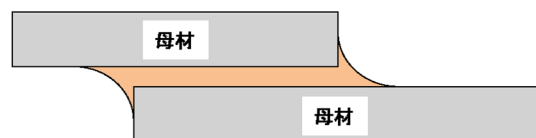
溶融ろう材／母材間で生ずる界面反応により十分な冶金的接合を達成する。最後に凝固し、継手が完成する。従って、ろう付は次の通り定義される。ろう付は接合技術の一種である。概念図（図1）に示す通り、被接合材（母材）を母材とは異なる金属（主に合金、ろう材）で接合する技術である。実際には、母材とろう材をろう材のみが溶融する温度まで加熱し、溶融ろう材を接合部へ毛細管現象により浸透させる。さらに、溶融ろう材／固体母材間で生ずる界面反応現象とそれに続く凝固過程で界面に強固な冶金的な接合を生じさせる。



(1) ろう付前にろう材を設置した状態



(2) ろう付中、溶融ろう材が浸透している状態



(3) ろう付後、浸透したろう材により接合した状態

図1 ろう付技術の概念図

2.2 ろう付の特徴

前項で述べたすき間は肉眼で確認する事が困難なサイズであり、標準サイズは50~200 μ mである。溶接（融接）の場合、エネルギー密度が高い熱源により母材そのものを局所的に溶かし接合する。対照的にろう付は、母材をほとんど溶かさないう接合法である。従って、微細精密部品や薄板の精密接合に適している。微細精密部品接合の代表例が熱交換器製造のろう付や電子機器類の基板へのはんだ付である。はんだ付の原理はろう付と同じである。継手の用途や要求性能が異なり、糊の役割を担う合金をはんだと呼ぶため、ろう付と異なる技術と勘違いされるが、全て同じである。異なる点はろう材とはんだの液相線温度である。450 $^{\circ}$ Cより高い液相線温度を持つ合金をろう材、低い温度を持つ合金をはんだと称している。450 $^{\circ}$ Cに物理的な意味は無く、450 $^{\circ}$ C近傍を液相線温度とするろう材やはんだが少なかつたためと言われている。英語ではろう付を「Brazing」、はんだ付を「Soldering」と言うが、ドイツ語では両者とも「Löten」と称し、区別していない。

以上述べた点を踏まえ、ろう付の長所を以下にまとめた。

- (1) 母材をほとんど溶融することなく、薄板や精密部品の接合が可能。
- (2) ろう材の浸透により、複雑形状部品や多数箇所接合部品の同時接合が可能。
- (3) 適切なろうを選択し、適切なろう付プロセスを構築すれば、異種金属同士や金属と非金属の接合が可能。
- (4) ろうと母材の融点が高異なるので、再ろう付や取り外しが可能。

(5) 最適接合条件において、母材同等かそれ以上の接合強度を得ることが可能。

(6) 比較的作業が簡単で仕上がりも美麗であり、自動化や大量生産向き。

ろう付の短所は以下の通りである。

(1) 加熱を伴う作業であるので、熱影響は避けられない。

(2) 接合部にはろう材／母材と言う異種材料界面が存在する。これは、継手の性質に若干影響を及ぼす。

(3) 継手精度の管理に厳しさがある。

2.3 ろう付の特徴と技術的な位置付け

日常では、モノとモノを接着剤や糊を用いて、接合する事が多い。この場合、糊などを接合全面に塗布し、面と面を十分に密着させ、乾燥させる事によって接合させる。ホッチキスや粘着テープ類は簡易的な部分接合に使用する。一方、ろう付は、接合面を完全に接合できる技術であるが、ろう材（糊の役割を担う合金）を接合面全面に塗布する必要がない。図1に示した通り、接合部の外周部に設置したろう材は溶融後にすき間に自発的に浸透し、接合部を形成する。従って、ろう付では気密や水密などが必要な接合部に利用される。代表的な事例が熱交換器である。熱交換器は自動車エンジンや家電品などに利用されている高信頼と高機能が要求される部品である。熱交換器は2種類の物質間で熱のみを交換するシステムであり、両物質は完全に分離している必要がある。一方、熱を効率的に交換し、かつ両物質を隔てる壁には薄さと高熱伝導性が要求される。金属薄板は両者を兼ね備えた唯一の材料であり、これを接合できる唯一の技術がろう付である。これらに対し、溶接（融接）は接合部に沿って局所的なエネルギーを投入し続ける必要がある。従って、溶接部はエネルギーを投入できる形状としなければならない、一般的には線状または点状の接合部となり、形状が限定される。

2.4 製造業におけるろう付の課題

以上述べたろう付をはじめとする接合技術では、工業製品の一部となる接合部の信頼性確保や容易な作業性確立などが課題となる。しかしながら、ろう付は特殊工程に分類されており、標準化された作業工程や工程決定方法などがほとんど無く、経験や実験結果・研究成果などに基づいて、製品ごとに工程などを決定する必要がある。さらに、一般的な接合技術と同様であるが、接合部（ろう付部）の性質などに影響を及ぼす因子が多く、最適な工程確立が困難である。そこで、多様なろう付に関連する因子をまとめ、それぞれの因子がろう付に及ぼす影響を明らかにする事が必要となる。現在、我々は、因子をまとめ、ろう付の五要素と称し、検討する際の指針としている。五要素とは、「ろう材」、「フラックスと保護雰囲気」、「熱源」、「継手」、「母材」であり、これらは相互に影響を及ぼすと共にその影響は温度によって変化する。

次節では五要素について述べ、ろう付へのさらに理解を深めて頂く。

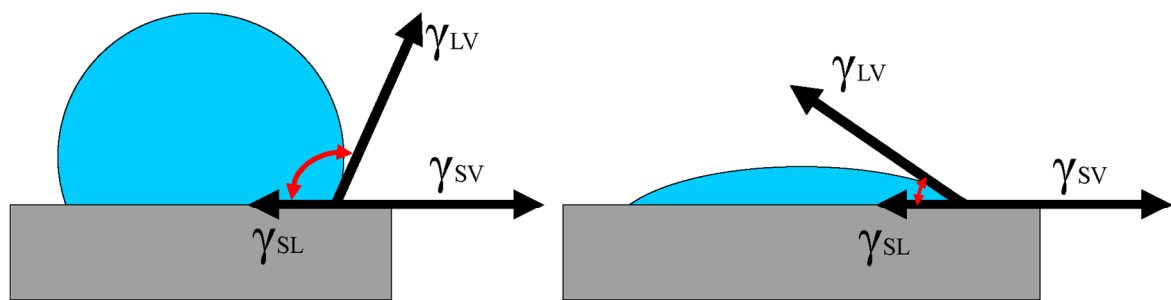
3. ろう付の五要素

3.1 「ろう材」と「母材」

ろう材とは、ろう付する母材（被接合材）の固相線温度より低い温度で溶融する合金であり、母材に対してよくぬれる事が必要である。従って、例外はあるが、ろう材は、より低い温度で溶融する共晶合金または共晶組成を基本とする合金である。ろう材の中でもっとも有名な「銀ろう」はAg-Cu合金である。この合金は、Ag 固溶体相と Cu 固溶体相で構成されているため、比較的軟質な合金であ

る。一方、Ag-Cu 共晶合金以外のろう材は比較的もろい相を含む共晶合金が利用されている場合が多い。典型的な例が、Ni 系ろう材である。

また、ぬれは図 2 に示す通り、「熔融ろう材」と「母材」の表面張力、「熔融ろう材／母材」の界面張力によって決定する物理現象である。左図は熔融ろう材を金属板上へ滴下した直後の状態を示しており、右図は時間が経過し、ぬれて釣り合った状態を示している。即ち、ぬれに関するヤングの式が成立するまで、3つの張力が釣り合うまで母材上の熔融ろう材が広がる現象を「ぬれる」と称する。母材の表面張力が大きいほど、熔融ろう材の表面張力が小さいほどぬれが生じ易いと言える。また、張力は温度の関数である。従って、ろう材と母材の組合せとろう付温度によって、ぬれの可否は決定する。さらに、ろう材はすき間を充填し、継手の一部となる。従って、使用環境に応じて、十分な機械的性質や高耐食性が要求される場合もある。また、継手の一部となるため、装飾品などの様に母材と色調を合わせる場合もある。



$$\gamma_{LV} \cos \theta + \gamma_{SL} = \gamma_{SV}$$

1. γ_{LV} は熔融ろう材の表面張力を、 γ_{SL} は熔融ろう材／母材 界面張力を、 γ_{SV} は母材の表面張力を表している。三張力は、物質特有の値であり、温度依存性を示す物性値である。
2. 液体（熔融ろう材）を固体（母材、被接合材）上へ滴下すると左図に示す通り最初は液滴となるが、その後、時間経過に伴い、右図に示す通りぬれに関するヤングの式が成立するまで変化する。
3. この過程を「ぬれ」と称している。
4. 従って、母材とろう材が決定すると γ_{LV} 、 γ_{SV} が決定する。 γ_{SL} が重要となる。従って、母材の表面状態が重要となる。酸化被膜、汚れなどは「ぬれ」の阻害因子となる。
5. 母材表面のミクロ的な形状（あらかさ）も「ぬれ」に強く影響をおよぼす。

図 2 張力とぬれに関するヤングの式で説明されるぬれの原理

母材の特徴をよく理解することも重要である。具体的な母材の特徴とは、母材の熔融温度範囲（固相線温度と液相線温度）、母材表面に形成される酸化皮膜の形態・種類、母材の表面状態、母材の加工性などである。ろう付では、継手全体を加熱し、すき間へ熔融ろう材を浸透させる必要があるため、加熱時の母材の変化を理解する事も重要となる。例えば、熱膨張などによる母材や継手の変形である。

ろう付分野では、依頼元により加工された母材部品（被接合材）をろう付する場合も多い。ろう付を行う技術者が母材や部品形状（継手形状など）を決定できない場合も多く、加工された母材を十分に理解し、ろう付を行う必要がある。母材は多様であり、鉄鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金、銅合金、非鉄金属材料、セラミックス、炭素系材料などがろう付対象材料となる。近年では、異種材

料（金属とセラミックスなど）、異種金属材料（アルミニウム合金と銅合金、鉄鋼材料とアルミニウム合金など）のろう付やろう付としては比較的大面積の接合などが注目されている。

この様な多様な材料をろう付するために、代表的なろう材が JIS に規格化されている¹⁾。以下に詳細を示す。

表 1 代表的なろう材

	ろうの種類	記号	適用材料	特徴
1	銅ろう	BCu	鉄鋼, ステンレス鋼	炭素鋼やステンレス鋼に非常にぬれ性がよい。 融点が高いため、一般に雰囲気中で使用される。
2	銅合金ろう	黄銅ろう	鉄鋼, ニッケル, 銅およびその合金	フラックスを使用、安価、融点が高い。
3	銀ろう	B _{Ag}	Al, Mg 以外の金属材料, セラミックス	最も汎用性がある。 フラックスろう付用および雰囲気ろう付用。 Al 合金、Mg 合金以外の全ての金属材料に利用できる。 Ag を含有しているため、高価である事が欠点。
4	りん銅ろう	BCuP	純銅, 銅合金 (Ni10%以下)	純銅ではフラックスなしでろう付(自己フラックス作用)。 液相線温度以下でろう付可能。 比較的安価。 Cu と P がもろい化合物を形成する場合があります、注意が必要。
5	金ろう	B _{Au}	宝飾品, ステンレス鋼, ニッケル合金, 耐熱合金	価格、色調から貴金属用。 耐食、耐酸化ろう付用。高信頼性(宇宙、航空機器用)。 電子素子の封止などに利用されている。
6	パラジウムろう	B _{Pd}	宝飾品、耐熱合金, Mo, W など	耐食、耐酸化ろう付用。 Pd および Ag 量により液相線にかなりの差がありステップ ろう付用。 高価であるが、高耐熱性などの特性を示す。
7	ニッケルろう	B _{Ni}	鉄鋼, ステンレス鋼, ニッケル合金, 耐熱合金	ろう付温度が高い、高温強度が高い、真空ろう付用。 拡散ろう付(液相拡散接合)用。 近年、自動車エンジン用 EGR クーラーの製造に多用されている。
8	アルミニウムろう	B _{AlSi}	アルミニウム, アルミニウム合金	フラックスろう付、真空ろう付。 フレージングシートを用い薄板の複雑な構造がろう付される。 Al-Si 合金をベースとしたろう材。Al 合金や Mg 合金を対象 としている。Al 合金製自動車用熱交換器の製造に用いら れている。

以上説明したろう材は、海外での流通や利用が期待されている。そこで、ISO でろう材規格の改訂作業が進んでいる。改訂作業はほぼ完了し、2024 年度中に発行される。そこで、現在、日本溶接協会ろう部会技術委員会規格調査・分析委員会で JIS 改訂作業の準備会が組織され、審議が始まった。審議などにご協力頂ける企業技術者は、ぜひ、溶接協会ろう部会へ連絡を頂きたい。

3.2 「フラックスと保護雰囲気」

ろう付では、前述した通り、熔融ろう材の固相母材に対するぬれが重要である。一方、固相母材表面には酸化皮膜などが存在している。この酸化皮膜を除去する事が必要である。金属材料表面には様々な酸化皮膜が形成される。一般的には母材金属に含まれる元素の酸化物である。酸化皮膜は、研削など機械的に取り除く事が可能であるが、清浄な金属表面が酸素を含む大気中に露出されると酸化皮膜が形成される。従って、機械的に取り除く事は困難である。真空中であっても、残留ガスに酸素が含まれており、酸素分圧を十分に低減しない限り、酸化皮膜が形成される。また、ろう付の場合、複雑な形状を接合できるので、全ての継手で固相母材表面に形成された酸化皮膜を機械的に取り除く事は不可能である。そこで、母材表面の酸化皮膜は、フラックスと呼ばれている化学薬品で除去する方法とろう付雰囲気を制御する事によって除去する方法がある。

フラックスとは、ある温度で、金属表面に形成された酸化皮膜を分解除去する化学薬品である。金属表面の酸化皮膜の種類は多様であり、様々なフラックスがある。詳細は JIS Z 2371-2023「ろう付—ろう付用フラックス—種類及び受渡条件」を参照頂きたい。フラックスは固相であり、粉末や小片に加工後、水分やアルコールと混合し、ペースト状などで用いる。フラックスは、ろう材と同様に接合部へ設置し、使用する。また、フラックスは熔融ろう材がぬれ広がる金属表面の酸化皮膜を除去するためであり、熔融ろう材がぬれ広がる面を予測し、フラックスを設置・塗布する必要がある。フラックスは性能を発揮する活性温度域があり、ろう付温度よりわずかに低い温度に設定する事が望ましい。これらの温度がかい離していると、温度上昇に伴い、再酸化する可能性がある。また、強固な酸化皮膜を分解除去するフラックスは、比較的強力な化学薬品であり、ろう付後、十分な洗浄を行うとともに、洗浄に使用した廃液の処理も必要である。フラックスが残留した場合、残留部から接合部が腐食される可能性がある。フラックス使用時、適切なフラックスの選定と設置（塗布）が肝要である。

フラックスによる酸化皮膜の除去と同時にろう付体周辺の雰囲気を制御し、酸化皮膜を除去する方法もある。雰囲気とはろう付体周辺の気体を指す。大気には酸素が含まれるので、大気中でろう付体を加熱した場合、接合部母材表面が酸化し、熔融ろう材のぬれが阻害される。従って、酸化皮膜除去のためにフラックスが必要となる。金属酸化皮膜は酸化物であり、安定であるが、分解できる。比較的高温域で水素は金属酸化物を還元できるので、金属酸化皮膜を分解できる。従って、雰囲気ガスに水素を用いる事によって還元雰囲気を作り出す事が出来る。水素は酸素と混合し、爆発する場合があるので、使用には十分な注意が必要となる。一般的に、水素ガスが軽い事を利用して、**図 3** に示す様な中央部が炉の入口・出口より高い位置に設置された連続炉を用いる。この様な連続炉を用いる場合、出口側で炉内から漏れた水素を燃焼させれば、水素漏洩による爆発の危険性を回避できる。また、昇温時、金属材料表面は室温時より活性となり、酸化しやすくなる。従って、酸素ガスをほとんど含まないガスによってろう付体を保護する事も必要である。シールドガスには、アルゴンなどの不活性ガスが用いられる場合が多い。アルゴンガスに水素ガスを混合し、還元性とシールド特性を合わせ持ったガスを用いる場合もある。

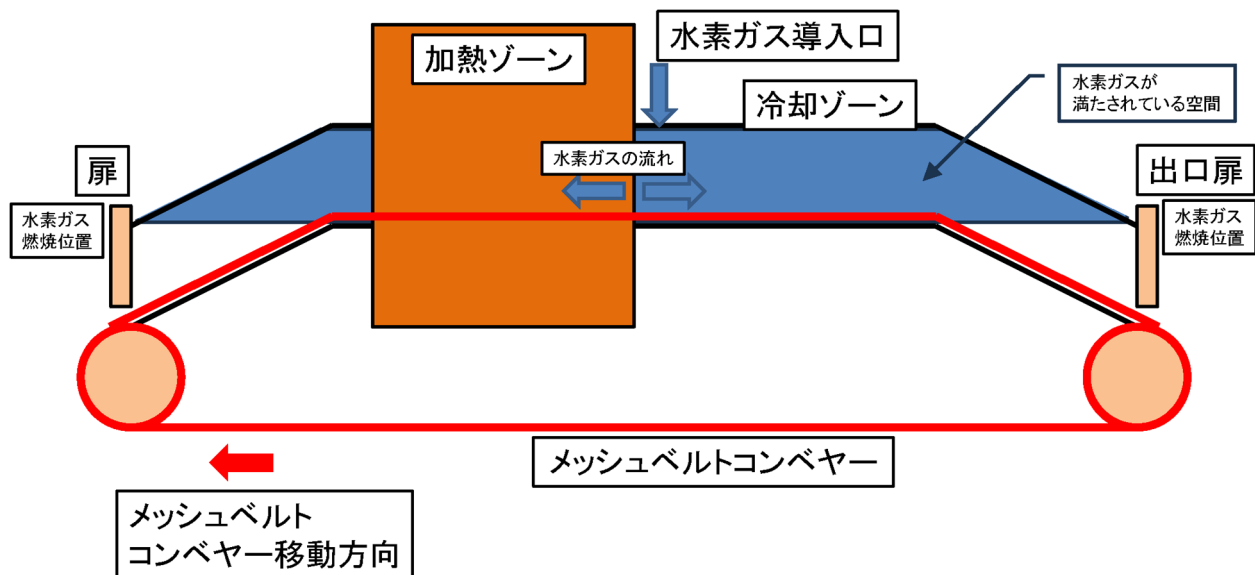


図3 代表的な連続式雰囲気炉の模式図

3.3 「加熱源」

これまで解説した通り、ろう付では、熔融ろう材が固体表面をぬれ・広がる事が必要である。熔融ろう材がぬれるためには、熔融ろう材と母材金属（部品）が同一温度に加熱される必要がある。従って、ろう付時に使用する加熱源が重要である。一般的に炎（ガスバーナー）、工業炉、高周波、電気抵抗などが加熱源として使用されている。それぞれに一長一短があるが、ろう材と母材金属（部品）を均一に加熱する事が目標である事は共通である。

炎を熱源としたろう付はトーチろう付と称される。低圧式のガス溶接機を用いる方法で炎の燃焼熱を熱源としている。燃料ガスには、アセチレンガス、プロパンガス、ブタンガス、エチレンガス、都市ガスなどが用いられる。作業者がトーチを手で持ち、ろう付部に炎を当てる事により加熱する方法では、ろう付部を目視し、手軽にろう付できる特徴がある。また、ろう付部を目視できるので、部品形状に自由度を持って対応できる利点もある。一方、ほとんどの場合、フラックスを使用するので、ろう付後処理が必要となる。ガス状フラックスや還元性炎を用い、母材表面の酸化皮膜を除去する場合もある。また、目視で温度管理する必要があり、作業者に高度な熟練が要求される。アルミニウムろう付では、ろう付温度でアルミニウムの色調は変化しないので、さらに高度な技術が要求される。トーチろう付は自動化する事が可能である。経験や予備実験などによってろう付条件の設定は必須であるが、大量生産に適している設備と言える。この場合、ワイヤ状ろう材を用いる。ろう材は製品がろう付温度到達後に外部から挿入する方法（差しろう）と予めろう付部に添付する方法がある。

炉を用いたろう付は代表的な方法である。ろう付に用いる代表的な工業炉は、連続式とバッチ型である。図3に示す連続式は、炉内を水素ガス雰囲気や不活性ガス雰囲気を使用する事が多い。フラックスを使用する場合もあり、この場合、炉内構造物が汚染される可能性がある。バッチ型は、真空雰囲気を使用する事が多い。この場合、組み立てた製品を炉内へ挿入後、炉内を適切な雰囲気に設定し、加熱し、ろう付後炉内で冷却し、製品を取り出す。適切な雰囲気が維持できれば、清浄な製品を製造する事が可能であるが、連続式と比較すると長時間処理が必要である。

3.4 「継手」

図4にろう付継手に適用される代表的な継手形状を示す。図4は試験片を真横から見た場合を示しており、ろう付時、図中下方に重力が作用している。ろう付では接合する部品間に一定のすき間を設定し、溶融ろう材を浸透させる必要がある。また、加熱前に部品を固定する必要もある。これらを満足する代表的な継手が図4に示されている。溶接では図4(1)に示された突合せ継手を使用することが多い。しかし突合せ継手では、一定のすき間を設定し継手を固定することが難しいので、ろう付けへの適用は少ない。図4(2)に示されたシングルラップ継手は、ろう付に多く用いられている。部品(材料)の加工が比較的容易であり、ろう材を設置する場所が確保できるなどの特徴がある。図4(3)に示されたスカーフ継手はシングルラップ継手と比較して、ろう付面積が広く設定できる利点を有している。

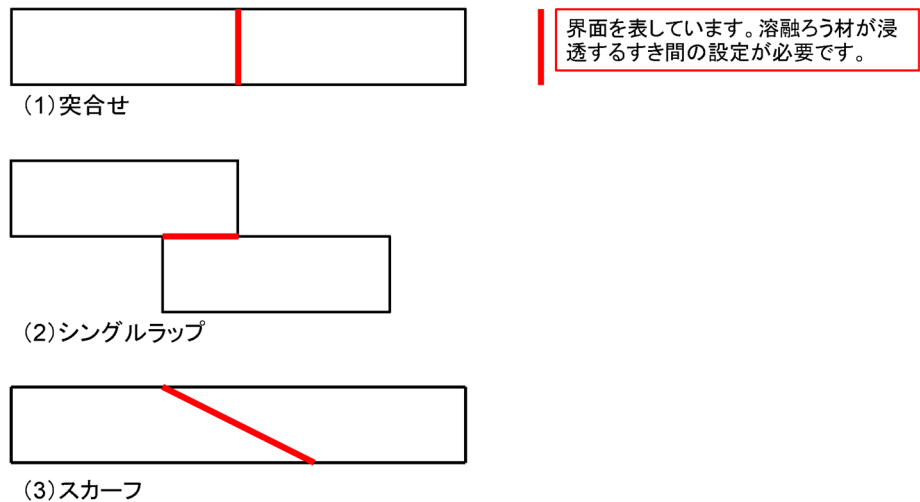


図4 ろう付継手に適用される代表的な継手形状 継手を真横から観察した図

図5にろう付後の典型的なシングルラップろう付継手の模式図を示した。この継手は図5に示す通り、重ね代(図5中、Aで示されている)を可変できる点の特徴である。重ね代を長くすると接合面積($A \times W$)が増加するため、接合強度は増加する。適切な重ね代を選択すると母材破断するろう付継手を得る事が出来る。突合せ継手の場合、接合強度を増加させるためには、母材(部品)断面積の増加や材質変更など大きな変更が必要である。これに対し、ろう付に用いられるシングルラップ継手の場合、重ね代を大きくする事で接合強度が増加する。一方、重ね代を増やした場合、ろう付面積(図5中、 $A \times W$)が増加する。これは溶融ろう材が浸透する面積が増加する事を意味している。不適切なろう付条件でろう付した場合、ろう付接合部中にボイドなどの接合欠陥が発生する可能性が高くなる。

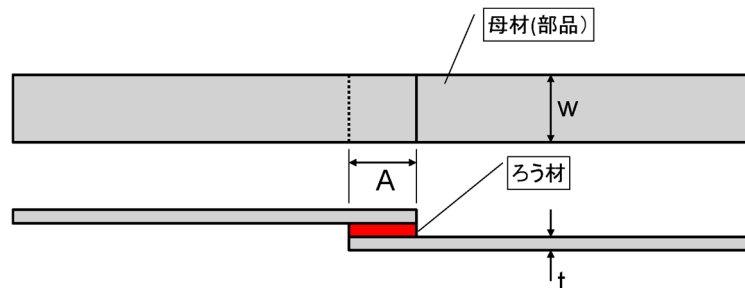


図5 ろう付後のシングルラップろう付継手の模式図

ろう付ではろう付温度でのすき間の管理が重要である。従って、ろう付継手を設計し、すき間を設定する場合、昇温時の熱膨張などを十分に考慮しなければならない。特に異種金属材料のろう付では、両者の熱膨張係数差に充分注意しなければならない。継手設計の指針として、アメリカ溶接学会が発行する「Braze Handbook 第四版」²⁾には、表2に示す通り、ろう材種類ごとに推奨すき間が示されている。一方、すき間はろう付体接合強度に強く影響を及ぼす。図6に示す通り、すき間の減少に伴い接合強度は増加し、ピーク強度を示した後、減少する。この変化は、溶融ろう材の浸透現象とろう付界面に発生する拘束力によって説明されている。

表2 ろう付温度における推奨すき間

ろう材の種類	雰囲気など	推奨すき間(mm)
Al-Si 系ろう材	真空炉中ろう付	0.000~0.051
	重ね代 6.35mm 以下	0.051~0.25
	重ね代 6.35mm 以上	0.20~0.25
Cu-P 系ろう材		0.025~0.38
Ag ろう材	フラックスろう付	0.025~0.127
	雰囲気ろう付	0.000~0.051
Au ろう材	フラックスろう付	0.051~0.127
	雰囲気ろう付	0.000~0.051
Cu ろう材	雰囲気ろう付	0.000~0.051
Cu-Zn 系ろう材	フラックスろう付	0.051~0.127
Mg ろう材	フラックスろう付	0.102~0.254
Ni ろう材		0.000~0.127

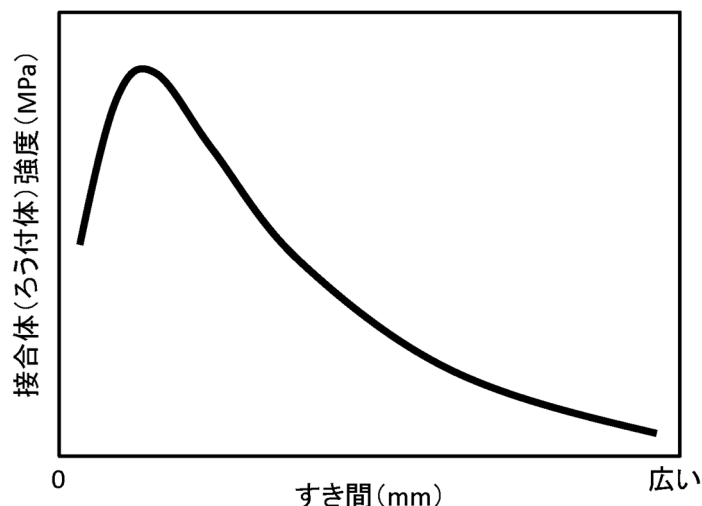


図6 ろう付継手のすき間が接合体（ろう付体）強度に及ぼす影響

以上述べた通り、最適なろう付継手を設計し、複数の部品を固定し、ろう材を設置し、ろう付を行う。部品の加熱中の熱膨張や炉内への搬送に伴う振動などで組み立てた製品が動かない様に固定する必要がある。固定に使用する道具をジグ（治具）と称する。溶接に使用するジグは、比較的大型のモノがあるが、ろう付ではジグをなるべく小さくする必要がある。ジグも製品と共に加熱されるから

である。また、ジグの材質も重要である。ジグにより製品が汚染され、溶融ろう材と反応する様なジグは避けなければならない。また、加熱時にジグから発生するガスによりろう付雰囲気汚染される場合もある。ジグの保管・管理方法も重要である。また、かしめなどの機械的締結や熱膨張係数差に起因する残留応力などにより、ジグを使用しないで固定する方法もある。セルフジグと称する。最近では、より高温でのろう付を想定し、セラミックスや炭素繊維／炭素複合材料などがジグ用材料として利用されている。

4. まとめ

ろう付の概略と製造業へ適用するためのコツを簡潔にまとめた。本報をきっかけとして、ろう付を活用した新たな製品製造が展開されれば、筆者は大変ありがたいと考えている。

ろう付は、日本以外の国々、アメリカやドイツを始めとするヨーロッパ諸国でも、盛んに研究され、多様な工業製品の製造に利用されている。様々な問題点が山積している現代であるが、製造業の重要な要素技術である「ろう付」を理解頂き、知恵を出し合い、様々な分野で活用頂きたい。

参考文献

- 1) JIS Z3261 銀ろう, JIS Z3262 銅および銅合金ろう, JIS Z3264 リン銅ろう, JIS Z3265 ニッケルろう, JIS Z3266 金ろう, JIS Z3267 パラジウムろう, JIS Z3268 真空用貴金属ろう
- 2) AWS C3 Committee on Brazing and Soldering, Brazing Handbook Fifth Edition, AWS, 1991

<略歴>

宮 沢 靖 幸 (みやざわ やすゆき)

1982年3月 茨城県立水戸第一高等学校 卒業
1987年3月 東海大学 工学部 金属材料工学科 卒業
1993年3月 東海大学 工学部 金属材料工学専攻 修了, 工学博士号取得
1993年4月 東海大学 工学部 金属材料工学科助手 着任
講師、助教授(准教授)を経て、現在、工学部機械工学科教授
各種材料の接合(特にろう付)の研究に従事