



ろう付の品質と 作業効率を高める

ろう付工程の自動化を可能にする クラッドろう材 Cu-CBS, SS-CBS の開発

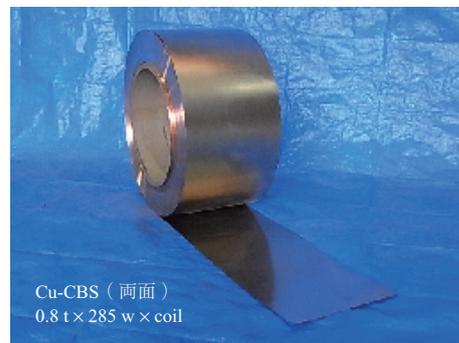
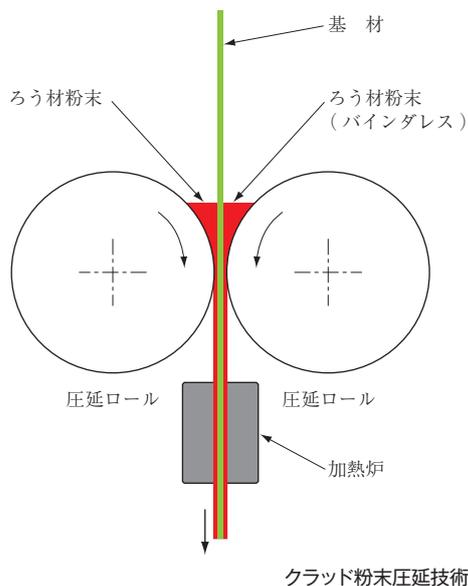
現在、アルミニウム板にろう材を被覆（クラッド）したブレージングシートは、カーエアコンなどの素材に使われている。しかし、銅板やステンレス鋼板にろう材をクラッドしたものはこれまで製造できなかった。

IHI はクラッド粉末圧延技術を用いてそれを可能にした。

株式会社 IHI

産業・環境システムセクター 企画部

望月 智俊



CBS 製品外観

CBS 利用による熱交換器製造工程の改善と短縮

金属と金属を接合する方法に、溶接やろう付がある。接合する金属同士を溶かして接合するのが「溶接」であり、接合する金属は溶かさず、それより融点の低い金属、いわゆる、ろう材を接合材として溶かして接合するのが「ろう付」である。よく知られて

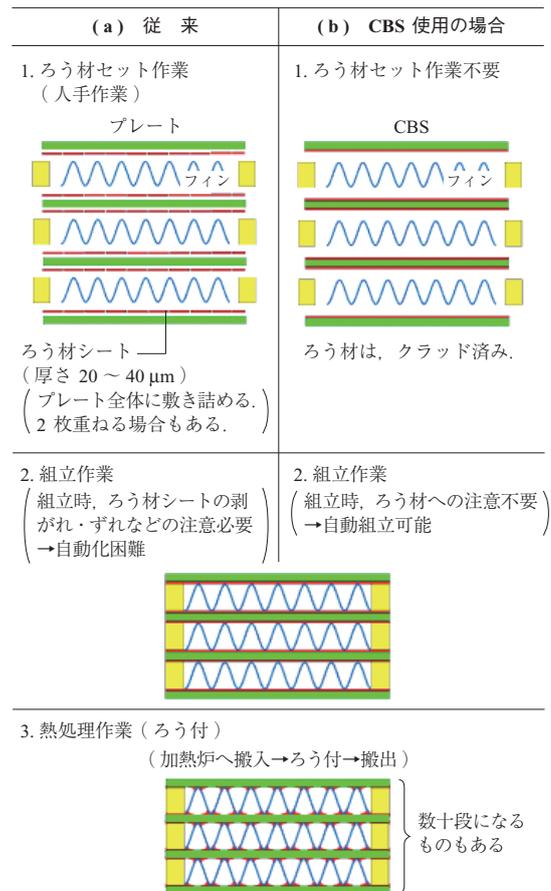
いるはんだ付も、ろう付の一種である。

さて、ろう付で作られている代表的なものとして熱交換器を挙げることができる。熱交換器は、温度の異なる流体の間接的な接触によって熱の交換を行い、それぞれの温度を変えるものであり、さまざまな分野で使われている。特に、自動車のラジエータやカーエアコンに採用されている熱交換器の製造では、アルミニ

ウム板表面にアルミニウムろう材をあらかじめクラッドしたブレイジングシートを用いた接合方法が多用されている。

今回開発したクラッドろう材 (CBS : Clad Brazing Sheet) は、アルミニウム板の代わりに、銅板にりん銅ろう材をクラッドしたクラッドろう材 Cu-CBS, ステンレス鋼板にニッケルろう材をクラッドしたクラッドろう材 SS-CBS の 2 種類である。なお、CBS には、ろう材層が片面にある片面クラッド材と、両面にある両面クラッド材とがある。

さて、CBS は、板表面にろう材があらかじめクラッドされているので、ろう付する板と板の間に挿入していたろう材セット作業が不要となる。熱交換器の組立作業を自動化して、ろう付を行う熱処理作業においても、加熱炉への搬入・搬出を自動化すれば、ろう付工程の大半が自動化でき、製造工程の短縮やトータル生産コストの軽減が可能となる。また、従来の作業工程では注意が必要であったろう材のセット忘れや、ろう材シートの剥がれ、ずれ、ねじれなどの心配がなく、ろう材層厚さも均一であるから、ろう付品質の安定性が確保できる。さらに、CBS は有機バインダ (つなぎ) 成分を含んでいないので、ペーストろう付で問題となる有機バインダを原因とするろう付不良がな



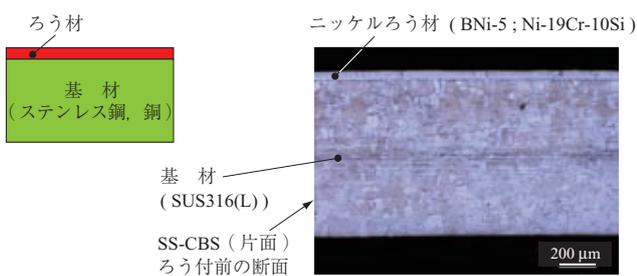
ろう付タイプ熱交換器 (プレートフィン型) の 3 段ユニットの製造方法

いということも大きな利点となる。したがって、CBS は、量産化、品質安定化、低価格化、不良率低減を狙う製品のろう付製造には適した素材といえる。

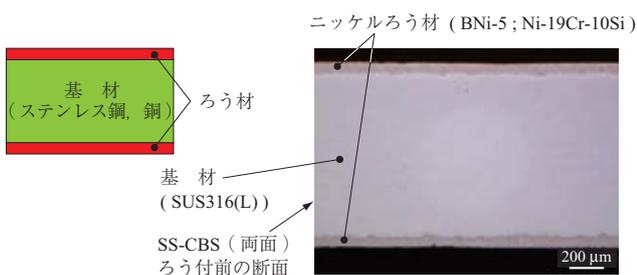
CBS を実現したクラッド粉末圧延技術

アルミニウムのブレイジングシートの製造では、アルミニウムろう材シートが、圧延で作られ、基材となるアルミニウム板とアルミニウムろう材シートを重ねて圧延するクラッド圧延によって、アルミニウム板とアルミニウムろう材シートの接合が行われてきた。アルミニウム以外の材質についても、板表面にろう材をクラッドした素材の実用化が、これまで望まれてきた。しかし、銅のろう付に用いるりん濃度 3% を超えるりん銅ろう材や、ステンレス鋼のろう付に用いるニッケルろう材は、硬く、延性が低いため、アルミニウムろう材と違い、圧延が困難でろう材シートが作りにくかったこともあり、これまで Cu-CBS, SS-CBS の製造はできなかった。

片面クラッド材の断面

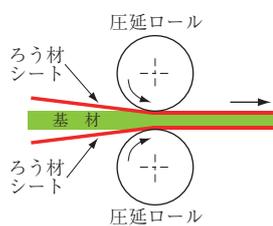


両面クラッド材の断面



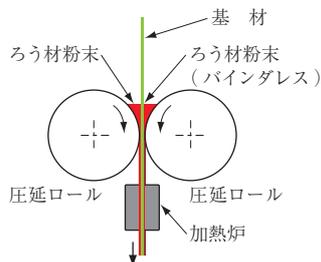
クラッドろう材 (CBS) の断面

(a) クラッド圧延 (従来)



※ 低延性ろう材はクラッド不可

(b) クラッド粉末圧延



※ 低延性ろう材でもクラッド可

基材とろう材のクラッド方法

今回、クラッド粉末圧延技術を用いることで、初めて、Cu-CBS、SS-CBS の製造を実現した。

クラッド粉末圧延とは、板（基材）と同時に粉末（ろう材）を圧延し、板表面にろう材粉末層が圧着成形されたクラッド材を作る技術である。この場合、クラッドする材料は粉末なので、粉末材料の延性が低くても、基材に粉末を圧着できればよい。したがって、CBS 製造では、基材よりも硬いろう材粉末の方が、基材表面に食い込みやすいので、圧着成形しやすい材料であるといえる。

ろう材層厚さの調整は、ろう材粉末の単位時間当たりの投入量を調整し、基材に圧着されるろう材粉末層厚さを調整することによって行う。

積層型熱交換器などを製造する場合は、基材に凹凸を付けるプレス加工を施す必要があるが、粉末を圧着したままのクラッド材では、プレス時に、粉末の脱落が起こるので、満足すべきプレス成形はできない。そこで、クラッド粉末圧延後の工程として、ろう材粉末層に液相を出現させる熱処理を行う。この熱処理によって、粉末層が一体の金属層に変化し、金属ろう材層として基材表面に固定され、プレス成形が可能となる。熱処理の加熱冷却時間は短時間で、加熱温度はろう材固相線温度レベルのため、ろう付後に問題となるような材料特性への影響は観察されていない。

なお、Cu-CBS の基材としては、りん脱酸銅 (C1220)、無酸素銅 (C1020) などを用いた。また SS-CBS の基材としては、オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS304(L)、SUS316(L))、フェライト系ステンレス鋼 (SUS430、SUS444) などを用いた。

また、現有装置の制限から、基材厚さは、Cu-CBS が 0.1 ~ 1 mm、SS-CBS が 0.4 ~ 1 mm、基材幅は

Cu-CBS、SS-CBS とも 300 mm 以下を標準としている。

ろう材層厚さについては、Cu-CBS、SS-CBS とも、およそ 0.02 ~ 0.06 mm を標準としている。

製造された CBS 製品は、熱処理工程後、コイル状に巻き取られ、1 巻が数百 kg 程度のコイルとなる。CBS コイル 1 巻のろう材層厚さのばらつきは、およそ ± 0.01 mm 以内である。また、CBS コイルは、プレートフィン型熱交換器の素材とする場合などは、平たんに加工処理した後、裁断して平板状にすることもできる。

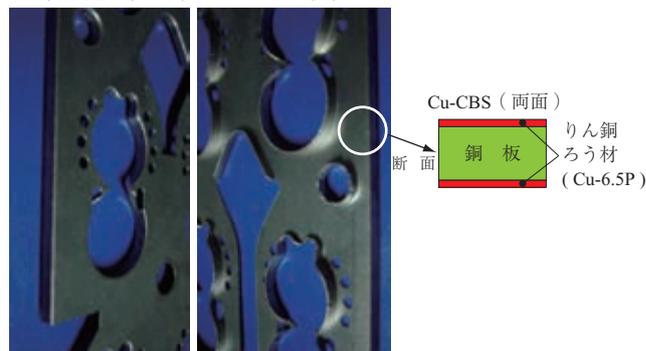
Cu-CBS の適用性確認

銅板を基材とし、りん濃度 6.5% のりん銅ろう (Cu-6.5P) をクラッドした Cu-CBS を試作した。

給湯器用のプレートを模擬し、Cu-CBS を使い、プレス成形を試みたところ、ろう材層からのろう材の脱落はなく、打抜き性、曲げ加工性などについて問題のないことを確認した。

次に、Cu-CBS (片面) に、銅パイプを乗せてろう付を試みた。その結果、銅パイプと Cu-CBS との界面に期待どおりのろうフィレット (表面張力によって形成された溶融状態のろう材の液だまりがそのまま凝固したもの) が形成され、良好なろう付ができたことを確認した。また、Cu-CBS (両面) に曲げ加工を施し、フィンとして使用した場合の銅板とのろう付も試みた。この場合も、銅板と Cu-CBS との界面に安定したろうフィレットの形成が観察され、良好なろう付ができたことを確認した。

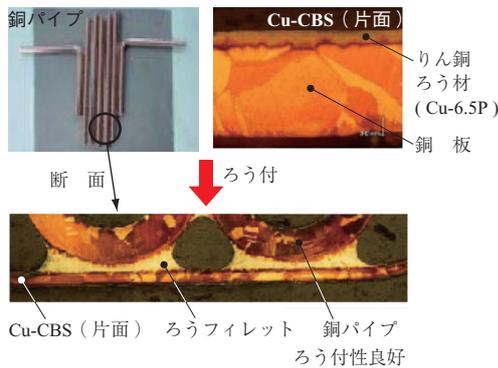
給湯器用熱交換器プレート (Cu-CBS (両面) のプレス成形後)



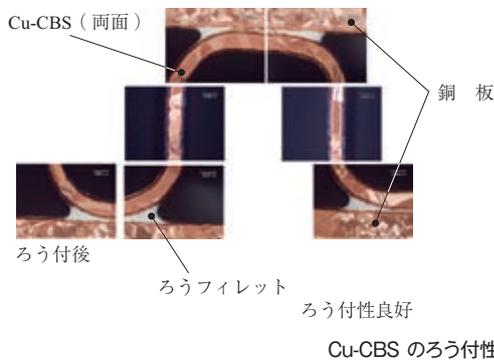
プレス成形性良好

Cu-CBS のプレス成形性

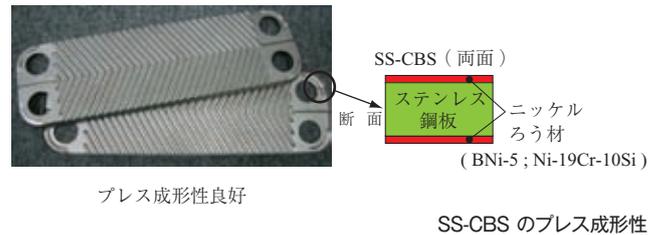
(a) Cu-CBS (片面) と銅パイプとのろう付



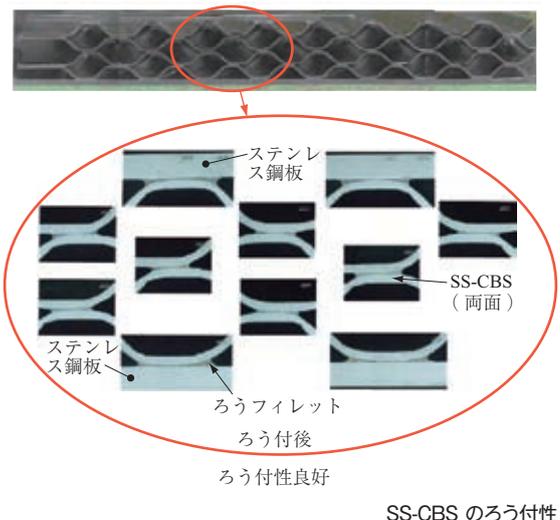
(b) Cu-CBS (両面) をフィンとして使用した場合の銅板とのろう付



積層型熱交換器用プレート (SS-CBS プレス成形後)



SS-CBS (両面) の積層型熱交換器用プレート同士のろう付



CBS では、基材表面全体にろう材層がクラッドされているが、ろう付熱処理によって CBS が加熱されると、ろう材層部が溶融して液状になり、ろう材は表面張力でろう付対象と基材との接触部分に流れて集まる。その後の冷却によって、ろう材は凝固し、CBS 接触部分にろうフィレットが形成され、接合部分の接合強度が確保され、ろう付が完了する。

SS-CBS の適用性確認

ステンレス鋼板を基材とし、ニッケルろう材 (BNi-5; Ni-19Cr-10Si) をクラッドした SS-CBS を試作した。積層型熱交換器のプレートを模擬して、SS-CBS を使い、プレス成形を試みたところ、ろう材層からのろう材の脱落はなく、打抜き性、曲げ加工性などについて問題のないことを確認した。

次に、プレス成形した SS-CBS (両面) を重ね合わせて、ろう付を試みた。その結果、凸部の接触箇所すべてにろうフィレットが形成され、Cu-CBS と同様に、良好なろう付ができたことを確認した。

Cu-CBS や SS-CBS は、プレス成形ができ、ろう付部品品質も安定させる。これによって、各種熱交換器などろう付製品への適用性が確認できた。特に、有機バインダを使用しているろう材の代わりに CBS を製品に適用することで、有機バインダの混入が避けられ、さらに作業効率も上がる。

CBS は、基材材質の多様化、ろう材材質の多様化を図れば、さらに幅広い分野への適用が可能になり、また、ろう材粉末をろう材ではない別の粉末材料に差し替えれば、全く新しい機能をもった板材の可能性も広がると考えられる。

なお、今回紹介の Cu-CBS と SS-CBS は、ナイス株式会社と共同で開発したものである。

問い合わせ先

株式会社 IHI
産業・環境システムセクター 企画部
電話 (045) 759-2187
URL: www.ihico.jp/