

## はんだ理論 (その 4)

(株)日本電子音響 **NIDEON**

金属を結合させるためには、圧力を加えて塑性変形させるか溶融状態にして原子間距離を小さくすることが必要になることは以前の項で説明しました。金属を溶融して接続する溶接は高い温度が必要ですが、はんだは低い融点で溶けるので汚れや酸化膜がない限り金属に圧力を加えることなく、接合する金属も溶かさないうで接合ができます。その場合、はんだと接合する金属とのぬれが重要になります。

ぬれ

金属表面にはんだが濡れなければ、はんだの接合は起こりません。ここで濡れについて考えて見ます。固体を接続する金属、液体を融けた、はんだとして考えていきます。

固体表面に液体を置くと図 7 のようにぬれにより接触角が異なります。一般的には A のような接触角  $\theta$  が  $90^\circ$  以内のものを「浸漬ぬれ」、 $90^\circ$  以上のものを「付着ぬれ」と表します。

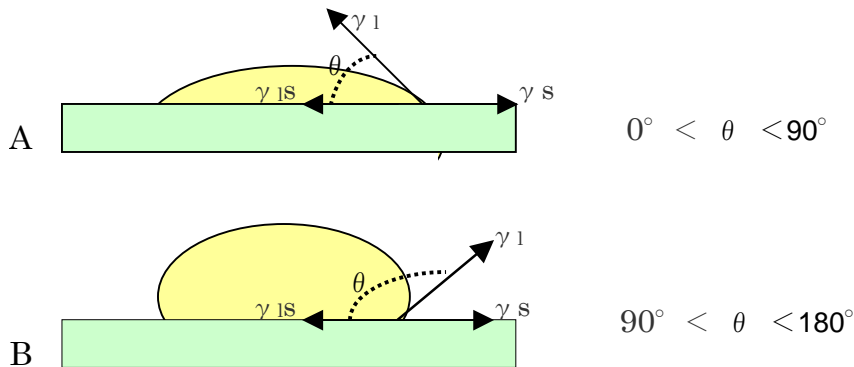


図 7. 固体表面へのぬれ

固体表面と液体の接触面に働く 3 つの力は下の関係が成り立ちます。(ヤングの式)

$$\gamma_S = \gamma_1 \cos \theta + \gamma_{1S} \quad (1)$$

$\theta$  = 接触角

$\gamma_S$  = 固体の表面張力

$\gamma_1$  = 液体の表面張力

$\gamma_{1S}$  = 液体/固体の界面張力

また接触角の意味を考えるために (1) 式を変形すると

$$\cos \theta = (\gamma_S - \gamma_{1S}) / \gamma_1 \quad (2)$$

となります。

液体の表面張力  $\gamma_1$  はプラスの値しか取れないので  $(\gamma_S - \gamma_{1S})$  がマイナスになれば (2)

式の分子がマイナスになり、接触角が $90^\circ$ より大きくなり「付着ぬれ」になってしまいます。よって、接触角を小さくするためには、 $(\gamma_s - \gamma_{ls})$ がプラスになる必要があります。すなわち、界面張力である $\gamma_{ls}$ が $\gamma_s$ よりも小さい値でなければ、ぬれは進行しないこととなります。また、 $\gamma_{ls}$ が小さくなると $(\gamma_s - \gamma_{ls})$ はより大きな値となるので $\cos \theta$ が大きくなって接触角が小さくなります。すなわち、固体と液体の界面張力である $\gamma_{ls}$ を小さくすることが、ぬれの促進につながるということがわかります。加えて $(\gamma_s - \gamma_{ls})$ がプラスの場合、 $\gamma_l$ が小さいほど $\cos \theta$ が大きくなり、ぬれが進行します。これらのことから、液体と固体の界面張力 $\gamma_{ls}$ と液体の表面張力 $\gamma_s$ を小さくすれば、ぬれが良くなる事がわかります。

しかし、 $\gamma_s$  (固体の表面張力)、 $\gamma_l$  (液体の表面張力)、 $\gamma_{ls}$  (液体/固体の界面張力)共に金属固有の値ですので簡単には変化することができません。この値を変化させるために固体金属を加工処理することにより、ぬれ性を改善する方法を採ることができます。

その一つとして母材の圧延 (金属に強い力を加えて塑性加工する方法) や焼鈍 (金属原子のひずみ硬化を除去、固溶体からの析出を粗大化、再結晶させることによって金属を軟化させるなどの熱処理。) を行う方法があります。

Cu を圧延すると、

Cu の結晶系は面心立方なので下のような構造になります。

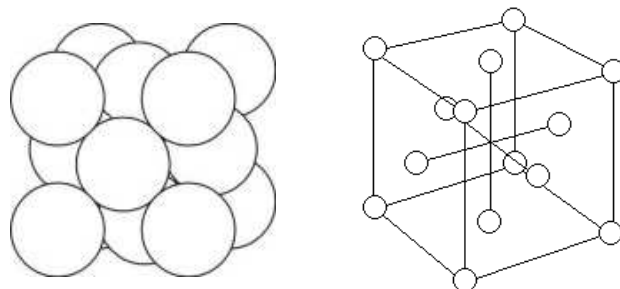


図 8. 面心立方格子の模式図

Cu を圧延すると結晶面は (110) になり、これを焼鈍すると面方位は (100) になります。

面心立方格子の表面エネルギーは (100) 面より (110) 面のほうが表面エネルギーは大きいので<sup>※1</sup>、はんだの広がり、圧延された表面エネルギーの大きな Cu で大きく、 $200^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$  で焼鈍した表面エネルギーの小さい Cu では小さくなります。しかし、焼鈍温度を $400^\circ\text{C}$ 以上にすると、結晶が大きくなった (110) 面にはんだは広がりやすくなる傾向を示します。<sup>※2</sup>

これが体心立方である Fe の場合は圧延すると面方位が (100)、再結晶する  $500^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$  で焼鈍すると面方位が (110) となるために (Cu と違う面方位) 同じ加工でも表面エネルギーが異なることになるので、材料により工程を変える必要があります。

※1 阿部秀夫「再結晶」 共立出版 1969 年

※ 2 大澤直 「はんだ付け工学」 丸善出版 2012 年