

コーティング現場で困ってしまうこと その4

まだまだ寒さの厳しい日が続いている今日この頃ですが、風が無く穏やかな日差し時は少し暖かく、幸せな気持ちになります。近所の梅林も寒々とは見えますが、近づくと枝々には深紅や薄いレモン色に色つき始めたつぼみが見受けられます。もうすぐ春なんだなあと言う兆しが、ぽつぽつと現れているようです。

今回はその1で触れた熱変形について少し補足をしたいと思います。

*フッ素樹脂コーティング時の熱変形

フッ素樹脂コーティングはフッ素樹脂を塗装し、熱処理にて溶融させることによってコーティングしていきます。このとき、一般的には400℃程度の温度が、溶融させるごとに掛かっています。この環境での被コーティング母材の熱変形、特に残留応力による変形と熱歪みについて考えて行きたいと思います。

*残留応力による変形

フッ素樹脂コーティングされる母材には、容器状であったり、ロール状であったり、板状であったりといろいろな形状のものが有ります。そして、そのような形状にするためには、切断したり、削ったり、曲げたり、溶接したりといろいろな加工がされています。

溶接の場合、溶接部は高温となり熱膨張し、その後冷却され収縮するため、母材は縮む方向に熱変形します。かつ、収縮応力は残留しています。このため、母材の変形を機械的に矯正しても、コーティング時の熱処理によって収縮応力による変形が発生します。また、溶接時の残留応力は、SUS304等のオーステナイトの応力腐食割れ(SCC)の問題も発生させます。

削る場合も、切削加工・研削加工・ショット等いろいろな冷間加工がありますが、このような加工によって母材は変形を発生します。平板状のものは顕著に表れ、加工した面が膨張して母材自身が変形します。両面加工においても、加工量の大きな面が膨張した変形が発生します。これを再度機械的に矯正したり、切削加工して平面度を確保しても、残留応力が存在するため、コーティング時の熱処理によって再度母材変形が発生してしまいます。

曲げ加工によっても同様に残留応力が悪さをしています。特に、高精度が要求される母材の場合は、所定のコーティングは出来ても、機械精度が確保出来ないとい

う致命的な欠陥が発生することになります。

このため、母材金属の結晶化温度以上に加熱し冷却することによって、一度歪んだ結晶を溶かし、整列した結晶を再度作り直す必要があります。これが、「焼きなまし」です。

焼きなましの条件としては、ステンレス鋼SUS304の場合は900～1000℃で均一に加熱した後、ゆっくりと炉内徐冷を行います。アルミ合金5052の場合は345～400℃程度での加熱となっていますが、一般的なコーティングの熱処理温度が400℃程度であることより、400℃まで加熱して頂きたいと思います。

また、アルミ合金の場合は熱伝導が良く冷えやすいため、次の項のように冷却には特に注意を計る必要があります。

*熱歪みによる変形

熱歪みについては、訂正しますと二つの問題があります。

ひとつは、以前掲げました母材金属の熱間強度の低下です。つまり、金属も熱間では強度が下がり、特にアルミ合金等はこの傾向が顕著で、細長いアルミ合金ロールを両端で受け溶融焼き付けすると、多かれ少なかれ自重によって中央部が下がってしまいます。後者と区別すると、「熱垂れ」とでも言いましょうか。

そして、もう一つは「熱曲がり」「焼き曲がり」の現象です。たとえば、影響の出やすい板状のアルミ合金の場合を考えます。焼きなましによって残留応力が除去されており、かつ熱垂れの発生を抑制するため上端面で保持し垂直に吊された状態で熱処理されたとします。しかし、曲がりが発生してしまうことがあります。

これは、昇温時に発生することは滅多に無く、圧倒的に冷却時に発生します。理由は、冷却時に発生する温度の不均一性により、熱膨張係数の異なりによるものか、結晶化度の異なりによる母材各部分の引っ張り合いによって発生しているものと思います。

この発生を最小にするためには、長時間を掛けたプログラム冷却が必要となって来ます。

こう考えると、本当のところは「冷え曲がり」と行った方が良いのかもしれませんが。またコーティングの熱処理で大事なものは加熱技術よりも、冷却技術だと思われると思います。