

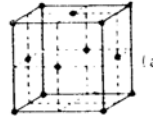
1.3 ステンレス鋼の熱処理

ステンレス鋼ってどうやって作るの？

オーステナイト系ステンレス鋼は 1.2 項に述べたように Cr と Ni を主体とした鉄鋼です。しかし、それらの化学成分を処方箋の通り調合しただけではオーステナイト系ステンレス鋼とはなりません。

オーステナイト系ステンレス鋼は名前の通り、**結晶組織がオーステナイト組織**となっていますが、オーステナイト組織は常温では維持できない組織です。（詳しく知りたい人は鉄－炭素系平衡状態図をじっくり睨めてください。）

オーステナイト（ γ 鉄）： 右図に示すような面心立方格子の γ 鉄に炭素を固溶した相。1130℃で最大炭素固溶度 2.0% を示します。 性質は、やわらかく延性に富み、磁性はなく、焼きは入りません。



そこで、合金成分を固溶体に溶解する温度以上に加熱して、オーステナイト組織とし十分な時間保持し、その後急冷することにより合金成分の析出を阻止し、オーステナイト組織を維持する熱処理を実施します。この熱処理を**固溶化熱処理(Solution Heat Treatment)**と言います。皆さんも「材料証明書」の記載の中で、“ST” という表現に行き当たったことがあると思います。これは、**固溶化熱処理**を実施したということを意味します。この熱処理はオーステナイト系ステンレス鋼がその機能を発揮するための必須条件となります。

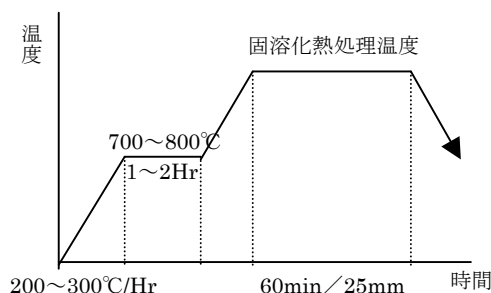
加熱温度はどれくらい？

加熱温度は高いほどオーステナイト組織を維持するためには良いが、結晶粒の粗大化、スケールの発生などが生じます。鋼種によって加熱温度は別個に定められていますが、大体 1010℃～1150℃程度とされています。

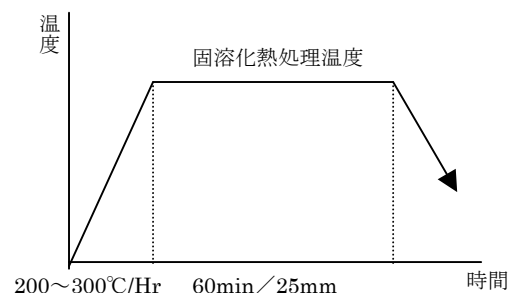
また、オーステナイト系ステンレス鋼（フェライト系も同じ）は、変態点を利用した熱処理による結晶粒の微細化はできません。従って、熱処理の加熱温度（低いほど細粒）、保持時間（短いほど細粒）、又は、冷間加工によって結晶粒の微細化を行います。

加熱時間はどれくらい？

加熱時間とは、昇温時間と保持時間を合わせた時間のことであり、昇温法として次図の 2 つに大別されます。保持時間については、ASME 等で 1 インチの厚さに付き 1 時間を目安としています。



[大断面及び複雑な形状のもの]



[薄物等]

加熱雰囲気は？

酸化程度の少ない Cr の酸化スケールは酸洗いが困難なので、酸素が 5 % 程度の酸化性雰囲気により、酸洗いしやすい酸化スケール (Cr_2O_3 , CrO_3) 等を作るようにします。また、ニッケル (Ni) 含有量の多いものはイオウ (S) によって浸食されるので S の少ない雰囲気に管理します。

冷却速度はどれくらい？

冷却速度が遅いと鋭敏化範囲（次の項目を参照）での等温保持と同じ状態になります。従って、冷却速度は速いほど良いのですが、冷却速度が速すぎると熱ひずみによる変形、残留応力の増大などが生じるため、適切な速度に管理されています。

鋭敏化ってなに？

オーステナイト系ステンレス鋼は、 $450^\circ\text{C} \sim 850^\circ\text{C}$ の温度範囲に加熱すると、固溶限を超えた炭素 (C) が粒界に析出し周囲の地よりクロム (Cr) を引きつけてクロム炭化物 [$(\text{Fe}, \text{Cr})_{23}\text{C}_6$] が結晶粒界に連続して出来ます。それにより、C の約 10 倍の Cr が炭化物となり粒界付近の Cr が極端に不足し、**不働態**を生ぜず電位が低下することになります。これを**鋭敏化**と言います。

この熱過程は溶接による熱影響部 (**Hert Affected Zone** と呼ぶ) で見られる温度変化と同じであり、HAZ は鋭敏化が発生します。後に記載する応力腐食割れ (SCC) が選択的に HAZ に現れるのはこのためです。

固溶化熱処理とは C をオーステナイトに固溶させることを目的として実施する熱処理で、加熱温度、加熱速度、保持時間及び冷却速度が重要となります。

固溶化熱処理以外の熱処理は？

オーステナイト系ステンレス鋼には次の熱処理が適用される場合もあります。

- 安定化熱処理 (Stabilizing Heat Treatment)

組織を安定化し、または部品の形状・寸法の経年変化を防ぐために実施する熱処理です。これは、チタン (Ti) またはニオブ (Nb) を含むオーステナイト系ステンレス鋼に用いられる熱処理で、C を安定化するために、固溶化熱処理のあとに $850^\circ\text{C} \sim 930^\circ\text{C}$ に加熱冷却を行うもので、これにより、TiC 及び NbC などを作り、溶接熱などで分解固溶した時に、冷却により生ずる Cr 炭化物を押さえることができます。なお、この熱処理を実施すると粒界腐食は起こりにくくなりますが、やや全面腐食が起きやすくなります。

- 応力除去焼きなまし (Stress Reliving)

オーステナイト系ステンレス鋼にはあまり使用されない熱処理方法であり機能上必要な場合には実施します。これは、固溶加熱処理後に変態点以下の適切な温度に加熱保持して、鍛造、鋳造、機械加工及び溶接などで生じた残留応力を除去する焼きなましです。鋼種により異なりますが、約 870°C 以上に加熱しますが、急冷すると残留応力が発生し、また、除冷すると鋭敏化が発生することになります。

- ・ 光輝熱処理 (Bright Heat Treatment)

保護雰囲気または真空中で熱処理することにより、表面の高温酸化及び脱炭を防止し、表面光輝状態を保持する熱処理です。