

5章 5-4問題解答

予習

1. 解答例：

フェライト：体心立方構造。立方体の8つの頂点と中心の格子点に原子が位置し、対称性の高い結晶である。配位数は8、充填率は68%である。

オーステナイト：面心立方構造。立方体の8つの頂点と各面の中心の格子点に原子が位置し、最密充填構造である。配位数は12、充填率は74%である。

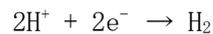
マルテンサイト：体心立方 or 体心正方構造。炭素を過飽和に固溶した一種のフェライト（オーステナイトに固溶していたままの炭素量で変態するため）である。炭素の固溶（侵入原子）によって、鉄原子が一軸方向に広げられ、炭素量の増大により、体心立方構造から体心正方構造へと遷移する。

2. 解答例：

鉄を塩酸や硫酸などの酸性溶液中に浸漬させると、鉄の表面から気泡が発生し、溶液中に溶け出す。この際、溶液中において鉄は、以下の式のように鉄イオン (Fe^{2+}) となって溶け出す。



この反応は、電子を放出する酸化反応（アノード反応）である。これに対し、電子を受け取る還元反応（カソード反応）が同じ材料上の近傍において生じる。例えば酸性溶液中では以下のような水素イオンの還元反応が生じる。



これらのアノード反応とカソード反応の組合せによって、局部電池が形成され、腐食反応が生じる。

5-4 演習問題A

5-4-A1 解答例：

Cr系ステンレス鋼ではフェライトもしくはマルテンサイトを呈し、いずれも磁性を示す。一方、Cr-Ni系ステンレス鋼では、オーステナイトを呈し、磁性は示さない。オーステナイトは面心立方構造で稠密格子であることから、Cr系であるマルテンサイト系やフェライト系ステンレス鋼に比べて高い耐食性を有し、加工性に優れるため、化学機器だけでなく、建築用や家庭用材料など広い範囲で多く使われている。

5-4-A2 解答例：

オーステナイト系ステンレス鋼では、750°C付近に加熱されると、Crを主成分とする炭化物 M_{23}C_6 が結晶粒界に析出する。これに伴い、この近傍のオーステナイト結晶粒内のCr含有量が減少し、炭化物の周辺にはCr含有量が極めて低い欠乏層が形成され、Cr含有量が12%以下となる箇所では、耐食性が低下し、粒界腐食が発生しやすくなる。

発生防止の対策としては、①炭素の含有量の低減、②Crよりも炭化物を生成しやすいNbやTiなどの添加によりCr炭化物を生成し難くする、③Cr炭化物の生成温度範囲を通過する時間を短くする、④高温での溶体化処理により、Cr炭化物の分解などがあげられる。

5-4-A3 解答例：

オーステナイト系ステンレス鋼において冷間加工や溶接施工などによって、内部応力が存在する状態にあったものを、塩化物などを含む溶液やアルカリ性の液中で使用した際に、局部的に脆性的に発生する割れを示す。応力腐食割れは材料因子、力学因子、環境因子が重畳して発生するとされている。

材料因子は主として耐食性に起因し、化学成分を調整することで制御できるが、 σ 相などの異相の生成や Cr 炭化物 ($M_{23}C_6$) 生成に伴う鋭敏化、不純物元素などの結晶粒界偏析があげられる。力学因子は、不動態皮膜の破壊に関与するひずみやすべりに起因し、溶接や塑性加工などによる残留引張応力、熱応力などが要因となる。環境因子は、 Cl^- などの特定のイオン（有害アニオン： Cl^- , OH^- , NH_3^- , S^{2-} など）の局所的な濃縮、pH の低下などがあげられる。

5-4 演習問題 B

5-4-B1 解答例：

σ 相脆化は Fe と Cr の金属間化合物 σ 相が、粒界腐食は Cr を主成分とした $M_{23}C_6$ 相がそれぞれ生成（析出）することによって発生する。すなわち、ステンレス鋼の主成分である Cr を含有することによって発生する現象のため、Cr 系、Cr-Ni 系ステンレス鋼ともに発生することとなる。一方、低温脆性は Cr 含有量の増加によるフェライト相の衝撃値の遷移温度の高温度化によるものであり、475°C脆化は高 Cr 含有のフェライト相に起因した異常硬化が主要因となるため、フェライト相が深く関与した現象のため、Cr 系ステンレス鋼でのみ主として発生する。

5-4-B2 解答例：

水による腐食環境下は、家庭から原子力発電まで多種多様であり、使用されるステンレス鋼も多種多様となる。

家庭用の場合、フェライト系ステンレス鋼でも十分に耐えることができるが、厨房品や浴槽、水道配管などでは、SUS304L や SUS316L などのオーステナイト系ステンレス鋼が多く用いられている。水道水には塩素イオンが含まれており、使用温度も 40°C を超えるため、応力腐食割れが最も多く、これについて孔食、すき間腐食が多く、全体の 90% を占める。家庭での使用では、水の流れが多い箇所と少ない箇所が発生するとともに、繰り返し使用するため、部分的すき間などに塩素の濃縮した箇所が発生しやすくなる。そのため、すき間部や水の流れの差のない設計をすることが求められる。原子力発電圧力容器のように、高温高压の熱湯・水蒸気に曝される環境で使用され、応力腐食割れ等による漏水が許されない場合では、オーステナイト系ステンレス鋼に加え、ニッケル基合金インコネル 600 やインコネル 690 を使用することによって、応力腐食割れ発生の防止が図られている。