

第4回 ステンレス鋼線

住友電気工業(株) 松本 断

ステンレス鋼とは文字通り錆びにくい鋼の事であり、定義としてはCrが約11%以上含まれた鋼である。そしてステンレス鋼の中では、FeにCrを添加したフェライト系、マルテンサイト系、更にNiを添加したオーステナイト系、析出硬化系、オーステナイト+フェライト系の5つに大別することができる。

JIS G 4314ばね用ステンレス鋼線においてはこのうち、オーステナイト系(SUS302, SUS304系, SUS316)と析出硬化系(SUS631J1)の5鋼種が挙げられている。

耐食性について

ステンレス鋼は耐食性に優れているが、使用条件によっては腐食されてしまう。従って以下にステンレス鋼の耐食性の原理と腐食される条件について簡単に述べる。

ステンレス鋼では鋼表面に形成された緻密な不動態皮膜、すなわちCr酸化物($\text{CrO} \cdot \text{OH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)が環境から鋼を保護するために、優れた耐食性が得られる。更に、JIS G 4313の5鋼種についてはNiが添加されており、これにより、不動態皮膜の生成が促進され、より優れた耐食性となっている。

このようにステンレス鋼の耐食性は不動態皮膜によっているので、不動態皮膜が破れた場合には孔食が発生してしまうので注意が必要である。

不動態皮膜が破れる場合としては、物理的、科学的な力の両者がある。前者は当てきずや擦れきずによる場合であり、身近な例としては、ステンレスの流し台をスチールタワシで磨いてはいけないということである。ただし不動態皮膜が破れた程度の極浅いきずの場合は、表面に出た金属素地は活性なので、周囲に酸素があれば反応して再び不動態皮膜を形成する。後者は塩化物イオンをはじめとするハロゲン化イオンによるものであり、具体的には塩酸から汗にいたるまで不動態皮膜を破ってしまう。

不動態皮膜が破れれば、皮膜と金属素地との電位差により局部電池を形成し、金属素地が溶出し、孔食に至る。

話が逆になったが、不動態皮膜は不動態化処理を施すことで形成が促進される。詳細は省略するが、これには大気中でのテンパー処理や酸化性酸である硝酸への浸漬処理等がある。

他にステンレス鋼の腐食について注意すべき点としては、隙間腐食、接触腐食、応力腐食、鋭敏化がある。

隙間腐食は部品や付着物との接触部が濡れている場合、不動態皮膜を維持できるための酸素が不足して孔食に至ることであり、設計段階での接触の低減や付着物の除去に留意することが必要である。

接触腐食は異種金属との接触部が濡れている場合、金属の貴卑により局部電池となることであり、例えばステンレス鋼と銅が接触していれば、ステンレス鋼が溶解する。異種金属接触部の低減や濡れ防止が必要である。

応力腐食はハロゲン化イオン(例えば塩化物イオン)と応力が共存する場合に割れが発生することで、全体的には腐食しない程度の環境でも応力が存在することで割れに至る

ので注意が必要である。

鋭敏化はステンレス鋼を600~900℃に保持した場合にCrが炭化物として結晶粒界に析出し、その結果、結晶粒界周辺にCr欠乏層ができ、不動態皮膜を形成できなくなり、腐食され易くなることで、熱処理の際の温度に注意する必要がある。

強度について

JIS G 4314の鋼種では、SUS631J1, SUS304系, SUS316の順に強度が高い。しかし、耐食性については全く逆である。すなわち、SUS631J1においては、耐食性は低下するがCr, Ni量をSUS304より少なくし、加工中のマルテンサイト変態を促進させることで、析出効果を促進させて強度向上を図っている。SUS316では、耐食性向上を目的にSUS304よりNiを増量し、Moを添加しているために、加工中のマルテンサイト変態がほとんど無く、その分強度は低い。

ただし、上記強度を有効に発揮するためには、ばね成形後の熱処理(テンパー処理)を行わなければならない。

SUS304やSUS316では、400℃程度で20~30分の低温焼なまし処理が望ましく、これには加工により発生した残留応力の除去だけでなく、若干の強度向上と降伏比(弾性限)向上すなわち疲労強度、耐たり特性向上の効果もある。

SUS631J1では、475℃付近で60分の析出硬化処理(時効処理)が必要で、これは残留応力の除去はもちろん、Ni-Al化合物の析出によって硬化させることが目的である。

上記熱処理を行うと、これらのステンレス鋼においてはばねのコイル径が大きく、自由長は小さくなる傾向があり、成形時の形状を考慮する必要があるが、この熱処理を確実にに行わなければ、材料本来の特性が発揮できなくなるので、形状変化を避けるための熱処理条件変更は好ましくない。

その他の特性

ステンレス鋼線の低温焼なまし処理あるいは析出硬化処理後のテンパーカラーは褐色であり、熱処理温度が高い程、色が濃くなる。また、Niめっきを施してしる鋼線と施していない鋼線では、Niめっき線の方が色は薄い傾向にある。

テンパーカラーによって、ステンレス鋼線の銀色の美観は損なわれるが、テンパーカラーを薄くするために、熱処理温度を下げると、ばね特性が低下するので、注意を要する。

磁性については、JIS G 4314の5鋼種ではSUS316が非磁性に近く、SUS302, SUS304, SUS631J1は磁性を有し、磁石にも容易に付く。これらは固溶体化熱処理後はいずれも非磁性であるが、ばね用鋼線として伸線加工するとマルテンサイト変態して磁性を有するようになる。

以上、ステンレス鋼線の使用上の注意点を中心に述べてきたが、ステンレス鋼線は注意点ばかりではなく、同じ耐食性を目的としためっき鋼線やめっきばねに比べ、端面の問題やめっき剥離等のめっき条件の問題を考慮する必要がないなど、利点が数多い鋼線であることを記して終わりたい。