

## ステンレスの高温・低温における機械的性質

### 1. 高温の場合

ステンレスは高温における耐食性にも優れているために、耐熱鋼としても使用されています。この場合には、高温における機械的性質が極めて重要になります。

およそ500°C付近までは各鋼種ともかなり高い引張強さをもっていますが、その以上の温度になると強度の低下が著しくなります。この現象はオーステナイト系ステンレスに比べて、炭素鋼やマルテンサイト系、フェライト系ステンレスにおいて顕著です。また、耐力についてもほぼ同様な傾向が認められます。

高温においては、クリープ強さ及びクリープ破断強さが特に重要な性質となります。これらの強度はステンレスがボイラや圧力容器用として用いられる場合、およそ500°C-550°Cを超える使用温度に対しては、引張強さ及び耐力に代わって設計時の許容応力値を求める際の基準となる数値となるのです。高温で荷重をうける鋼は、その温度における見かけ上の降伏点以下の小さい応力でも時間の経過とともに伸びを生じます。このように変形量が時間の関数となる現象をクリープと呼んでいます。クリープ現象は荷重のかかりはじめから破断までの全工程が3段階に分けられますが、変形速度がほぼ一定となる定常期における最小クリープ速度を生じる応力の値をクリープ強さといいます。また、クリープ破断試験で得られた破断時間と応力の関係、例えば、ある温度において10<sup>5</sup>時間で破断する応力値をその温度、時間におけるクリープ破断強さといいます。

マルテンサイト系ステンレスは、およそ500°C付近まではかなり高い引張強さを持っていますが、それ以上の温度になると強度の低下が著しくなる為、高温での使用はかなり限定されます。ただし、鋼中にモリブデン、タングステン、バナジウム、ニオブなどの元素を添加した鋼では、高温強さがかなり向上し、タービンのブレード材などとして多用されています。

フェライト系ステンレスもおよそ500°Cを超すと強度が急に減少し、また、高温で使用中に各種のぜい化現象が生じるおそれもあるので、一般に高温構造用材料として使用されることは少ないです。

オーステナイト系ステンレスは特に約550°C以上において優れた強さを有しているために、高温構造材料としての主流を占めています。例えば、JIS B8243（圧力容器の構造）による許容引張応力値は、650°CにおいてSUS304：3.8 kgf/mm<sup>2</sup>、SUS316：4.8 kgf/mm<sup>2</sup>、SUS321：3.1 kgf/mm<sup>2</sup>に対してSUS410：0.7 kgf/mm<sup>2</sup>、SUS430：1.2 kgf/mm<sup>2</sup>です。オーステナイト系の鋼種でも約600°C-980°Cの長時間加熱によってσ相を析出する鋼種があり、この場合常温あるいは低温におけるじん性が低下します。

## 2. 低温の場合

空気は窒素と酸素との混合物であり、これを極低温に冷却して液体窒素（液化温度-196℃）と液化酸素（同-183℃）とに分離して多くの産業に利用されています。また、石油危機以降エネルギー源の多様化の必要性と環境汚染の少ないエネルギー源として液化天然ガス（LNG：液化温度-162℃）の重要性が増大し、更に近年における技術の進歩は液化水素（同-253℃）への要求も高まりつつあります。最近脚光を浴びている超伝導現象も低温に関わる問題です。

このような極低温で使用される材料としては、その温度での強さやじん性に優れていることが要求されますが、オーステナイト系ステンレスはこのような要求を満たす低温構造材料としても極めて重要な地位を占めるものです。すなわち、普通鋼や13クロム、18クロムステンレスなどは低温になると著しくもろくなる性質がありますが、18-8系ステンレスは極低温においてもじん性の低下が極めて少ないという特性を持っているのです。例えば、フェライト系ステンレスSUS405では0℃の衝撃値を1とした場合、-20℃では0.48、-40℃では0.23と著しく低下するのに対し、オーステナイト系ステンレスSUS304、SUS316などは0℃における衝撃値1に対して-196℃においても0.76-0.91程度の値を有します。ただし、クロム炭化物やσ相の析出した状態では衝撃値はかなり低下します。

18-8系ステンレスのオーステナイト組織は常温において純安定の状態にあり、常温以下の低い温度になるとマルテンサイト組織に変化する性質があります。マルテンサイトへの組織変化を開始する温度（変態点）は鋼の化学成分によって左右され、変態点と化学組成との関係については多くの研究者によって実験式が求められています。

一般にオーステナイト系ステンレスは、温度が低くなるほど引張強さは上昇し、耐力は引張強さほどの上昇はありませんが、相当高くなります。例えば、SUS304、SUS316などの鋼種の-269℃における引張強さは、150-160 kgf/mm<sup>2</sup>、0.2%耐力は30-50 kgf/mm<sup>2</sup>程度の値を示します。また、伸びは、-269℃においても30%-40%程度の値を有し、極めて延性に優れています。

低温でのじん性の低下という点では、アルミニウム、銅もあまり劣化しませんが、その衝撃値の値及び低温での強さを考慮しますと、オーステナイト系ステンレスが最も良好な低温用材料とすることができます。

\*ステンレスのおはなし 日本規格協会出版より抜粋



アイデアの開発を通じ、ゆるまないネジをもって安全・安心を提供し社会に貢献する

ハードロック工業株式会社

<https://hardlock.co.jp/>