

ステンレス鋼



ステンレス鋼の記号はSUSでS:Steel、U:Special Use、最後のSはStainlessの意味です。

ステンレス鋼の表面はごく薄く強固なCrの酸化膜で覆われており、この酸化膜が錆防護の役目をして、それ以上の錆の進行を止めているのです。ただし、Crは12%以上でないと効果がありません。12%よりすくないと、緻密な酸化膜ができません。また、炭素が多いと鋼が錆やすくなります。従って、ステンレス鋼の炭素は通常0.1%以下です。高級材になると0.03%以下というものさえあります。

ステンレス鋼を使用上から分類すると耐腐食、耐高温強度または耐低温じん性などの用途により、選択されています。

成分、組織から見たステンレス鋼はつぎの3通りに分類されます。

13Crステンレス鋼、マルテンサイト系で、代表鋼種はSUS410、SUS420です。

18Crステンレス鋼、フェライト系で、代表鋼種はSUS430です。

18-8ステンレス鋼、オーステナイト系で、代表鋼種はSUS304です。

耐酸化性からみたら、オーステナイト系 > フェライト系 > マルテンサイト系
強度からみたら、マルテンサイト系 > フェライト系 > オーステナイト系

種類	焼き入れ性	耐酸化性	高温強度	低温じん性	溶接性	磁気
オーステナイト系	無し	優	優	優	優	無し
フェライト系	無し	優	やや劣る	やや劣る	やや劣る	あり
マルテンサイト系	あり	やや劣る	良好	やや劣る	やや劣る	あり

18-8は一般的にステンレス鋼の代表鋼種です。耐食性が良い主な理由は、

- NiがあるのでCrの酸化膜がバッチリ母材にくっついてしまう。それはNiの酸化被膜の原子間隔と母材の鋼の原子間隔が非常に似ているからです。（原子間隔が違うほど両者のくっつきが悪くなるのです）
- Niが8%含まれるとオーステナイト組織になる。オーステナイト組織自体、さび難い性質があるのです。オーステナイトは多角形の結晶でMシングルフェースであるため、結晶の境界が侵されるところがないから、錆難いわけです。
- オーステナイトというのは、変態点以上に加熱されてはじめて出来るものですが、また、面心立方がオーステナイトですが、その中に、Niが入り込みますと、その面心立方がそのまま常温まで保持されて、体心立方に変わらないのです。

溶接性とマイクロ組織の関連

マルテンサイト系ステンレス鋼

- 代表的なものはSUS410、SUS420の13クロム系のステンレスで11～13.5%のCrが含まれています。低炭素鋼のように、磁性を有し、溶接にはアークブローの発生の恐れがあります。抵抗値は炭素鋼より高く、熱伝導係数が低く、急に冷却させるとぜい化組織を呈します。
- 熱影響部において、脆性硬化組織が生じる場合、収縮応力及び拡散性水素の存在により低温割れが発生するので、予熱および層間温度管理がその防止のため重要となります。また予熱および層間温度管理では、溶接物件の大きさ、拘束程度及び線材の化学成分を考慮してください。
- 一般の物件では200～400℃の予熱をし、パス間温度を維持させる必要があります。遅れ割れ防止のため、溶接直後に700～800℃以上での直後熱処理を行い（予熱の目的は冷却速度を緩和させ、溶接金属と熱影響部を均一に冷やし、収縮応力を抑制し、拡散性水素を十分に放出させるため）冷却速度を緩和させると、良好な延性がある溶着金属が得られます。

フェライト系ステンレス鋼

- 15～18%クロムを含有するステンレス鋼で、代表的なものはSUS430フェライトです。フェライトの含有量はマルテンサイトより多いものです。また、Cの含有量は0.12%以下に抑制する必要があり、Cの含有量が0.20%を超えたら、AISI 431マルテンサイト系ステンレス鋼となります。
- 鋼材は柔らかくて、延性、加工性が良好です。また、良好な加工性、耐食性を有するため、加工や溶接による硬化が生じません。炭素鋼とマルテンサイト系ステンレス鋼のように、やや磁性を有しているため、溶接ではアークブローの発生の恐れがあります。
- 一般のフェライト系ステンレス鋼では、溶接金属およびボンド近傍の熱影響部の結晶粒が粗大化し、延性、じん性が母材と較べて著しく劣化します。従って、150℃の予熱を行う必要があります。溶接の過程には、475℃ぜい性また σ 相ぜい性を呈するため使用温度制限を受けやすくなります。
- フェライト系ステンレス鋼はマイクロ組織が変態しませんから、結晶粒微細化処理をうけても、変わりません。しかし、930℃以上の高温度においては結晶の粗大化がみられ、延性、靱性が低下します。
- 耐腐食性と線材膨張係数により、309、310及び312などのオーステナイト系ステンレス鋼溶接を推薦します。

オーステナイト系ステンレス鋼

- オーステナイト系ステンレス鋼は耐食性、加工性、溶接性に優れ、最も幅広く使用されています。300番台が代表的で（小部分は200番台のもので）Cr：約15～32%、Ni：約8～37%、ステンレス鋼の用途で約90%使用されています。SUS304（18Cr-8Ni）が最もよく見受けられます。
- オーステナイト系ステンレス鋼は低温度または高温でも充分の強度と耐腐食性を呈します。溶接物は溶接後のままで使われます。
- オーステナイト系ステンレス鋼には磁性がないので、アークの磁気吹きの生じる心配がありません。310、320及び330ステンレス鋼材は完全オーステナイト系で磁性を有しません。312ステンレス鋼には約25%のフェライトを含むので、磁性を有します。304（L）、309（L）及び347などには少量のフェライトを含むので少々の磁性を感じます。合金成分が低くて、完全に焼き戻しのオーステナイト系ステンレス鋼は例えば304ステンレス鋼では、冷間加工による稍磁性を持たせることもあります。
- 炭素鋼、低合金鋼または400番台のステンレス鋼に比べ、オーステナイト系ステンレス鋼は融点が低く、電気抵抗値が高く、熱伝導度が低く（炭素鋼の1/3程度であり、溶接時に大きな変形やひずみが発生しやすくなります。）、熱膨張率が約50%高いので、低入熱溶接を行う配慮がいります。
- 焼き入れによる硬化の恐れがないため、溶接性が優れています。ただ、溶接熱影響部は550～800℃温度域に加熱されと炭化物析出による劣化が発生し、溶接物が酸化しやすくなります。溶接方法ならびに溶接条件の適正な選定により溶接入熱を小さくすると、炭化物析出現象を減らすことが出来ます。

上述の三種類以外、析出硬化系と二相系ステンレスもあります。

- 析出硬化系：主な成分はCr、Ni元素（Cr：約17%；Ni：約4%）、ステンレスの600番台（SUS630など）のステンレス鋼は代表なものです。
- 二相系：主な成分はCr、Ni及びMo元素（Cr：約22%；Ni：約9%；Mo：約3%）、オーステナイトとフェライトの二つの金属組織（二相）をもつため、二相ステンレス鋼と呼ばれます。（例えばAlloy 2205）

母材及び溶接材料の選び方

母材	規格成份%	溶接棒	MIG / TIG	FCW	SAW
304	18Cr-8Ni	G308, G308M	GM308 GT308	GMX308L, GMX308L-O	GS308 GS308L
304L	18Cr-8Ni- 低炭素	G308L, NT308L	GM308L GT308L	GMX308L, GMX308L-O	GS308L
309S	23Cr-12Ni	G309, G309L,	GM309 GT309	GMX309L, GMX309L-O	GS309 GS309L
310S	25Cr-20Ni	G310	GM310 GT310		
312	30Cr-9.5Ni	G312	GM312 GT312		
316	18Cr-8Ni-2.5Mo	G316	GM/GT316	GMX316L, GMX316L-O	GS316 GS316L
316L	18Cr-8Ni-2.5Mo- 低炭素	G316L	GM316L GT316L	GMX316L, GMX316L-O	GS316L
317	18Cr-13Ni-3.5Mo	G317	GM317 GT317		
347	18Cr-8Ni-Nb	G347	GM347 GT347		
321	18Cr-8Ni-Ti	G347	GM347 GT347		
410	13Cr	G410	GM410 GT410		
430	18Cr	G430	GM430 GT430		

異質母材及び溶接材料の選び方

母材 ASTM, AISI UNS No.	201 202	304 304L	309 309S	310 310S	317 316	317L 316L 316Ti	321 347	409 430 446	410 420	炭素鋼 及び低 合金鋼
201 202	347 308L	347 308L	347 309LMo	347 310 309LMo	318 347	308L 316L 347	347	347 309LMo	309LMo 309L	309LMo
304 304L		347 308L	347 309LMo 308L 309L	347 310 308L	347 318 308L	347 318 308L	347 308L	309LMo 309L	309LMo	309LMo 309L
309 309S			309LMo 309L	309LMo 309L 310	309LMo 318 316 309L	309L 316L 318	347 309LMo	309LMo 309L	309LMo 309L	309LMo 309L
310 310S				310	316L 318 310	316L 318 310	347 310	309LMo 309L 316L	309LMo 309L 310	309LMo 309L 310
317 316					318 316L	316L 318	347 316L	309LMo 309L	309LMo 309L	309LMo 309L
317L 316L 316Ti						316L 318	347 316L	309LMo 309L	309LMo 309L	309LMo 309L
321 347							347	309LMo 309L	309LMo 309L	309LMo 309L
409 430 446								309L 309LMo	309LMo 309L	309LMo 309L
410 420									410 309LMo 309L	309LMo 309