

3.2.2 溶接材料

二相ステンレス鋼系の溶接材料は、溶接のままの使用を前提に化学組成が調整されており、上述したように溶接金属のフェライト量が過多になることを防止するために、Ni 含有量が母材よりも 2%~4%高くなっている。表 3.2 に二相ステンレス鋼の溶着金属及び溶加材の化学成分ならびに溶着金属の機械的性質を示す。なお、AWS(American Welding Society, 米国溶接協会)の詳細は第 III 部 6 章に示す。JIS 及び AWS では、被覆アーク溶接棒及びフラックス入りワイヤには、溶着金属の化学成分と機械的性質が、溶加棒・ソリッドワイヤ（溶加材）には溶加材そのものの化学成分が規定されている。前者では溶着金属の化学成分が規定されているため適切なフェライト量が得られる。一方、後者では溶加材そのものの化学成分が規定されているため、シールドガスの組成やフラックスの銘柄の影響によって溶着金属の化学成分が変化し、適切なフェライト量が得られない場合がある。

表 3.2 二相ステンレス鋼の溶着金属および溶加材の化学成分ならびに溶着金属の機械的性質

種類	記号	化学成分 (%)											引張強さ (MPa)	伸び (%)
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	Cu	W		
被覆アーク溶接棒	ES329J1	0.08以下	0.90以下	1.50以下	0.040以下	0.030以下	6.0~8.0	23.0~28.0	1.00~3.00	-	-	-	590以上	15以上
	ES2209	0.04以下	1.00以下	0.5~2.0	0.04以下	0.03以下	7.5~10.5	21.5~23.5	2.5~3.5	0.08~0.20	0.75以下	-	690以上	15以上
	ES2553	0.06以下	1.0以下	0.5~1.5	0.04以下	0.03以下	6.5~8.5	24.0~27.0	2.9~3.9	0.10~0.25	1.5~2.5	-	760以上	13以上
	ES2593	0.04以下	1.0以下	0.5~1.5	0.04以下	0.03以下	8.5~10.5	24.0~27.0	2.9~3.9	0.08~0.25	1.5~3.0	-	760以上	13以上
	ES329J4L	0.04以下	1.0以下	0.5~2.5	0.040以下	0.030以下	8.0~11.0	23.0~27.0	3.0~4.5	0.08~0.30	1.0以下	2.5以下	690以上	15以上
溶加棒・ソリッドワイヤ	YS2209	0.03以下	0.90以下	0.5~2.0	0.03以下	0.03以下	7.5~9.5	21.5~23.5	2.5~3.5	0.08~0.20	0.75以下	-	-	-
	YS2307	0.03以下	1.0以下	2.5以下	0.03以下	0.02以下	6.5~9.5	22.5~25.5	0.8以下	0.10~0.20	0.5以下	-	-	-
	YS2594	0.03以下	1.0以下	2.5以下	0.03以下	0.02以下	8.0~10.5	24.0~27.0	2.5~4.5	0.20~0.30	1.5以下	1.0以下	-	-
	YS329J4L	0.03以下	0.90以下	0.5~2.5	0.03以下	0.03以下	8.0~11.0	23.0~27.0	3.0~4.5	0.08~0.30	1.0以下	-	-	-
フラックス入りワイヤ	TS2209	0.04以下	1.0以下	0.5~2.0	0.04以下	0.03以下	7.5~10.0	21.0~24.0	2.5~4.0	0.08~0.20	0.75以下	-	690以上	15以上
	TS2307	0.04以下	1.0以下	2.0以下	0.03以下	0.02以下	6.5~10.0	22.5~25.5	0.8以下	0.10~0.20	0.50以下	-	690以上	18以上
	TS2553	0.04以下	0.75以下	0.5~1.5	0.04以下	0.03以下	8.5~10.5	24.0~27.0	2.9~3.9	0.10~0.25	1.5~2.5	-	760以上	13以上
	TS2594	0.04以下	1.0以下	0.5~2.0	0.04以下	0.03以下	8.0~10.5	24.0~27.0	2.5~4.5	0.20~0.30	1.5以下	1.0以下	760以上	13以上
	TS2594W	0.04以下	1.0以下	0.5~2.0	0.04以下	0.03以下	8.0~11.0	23.0~27.0	2.5~4.0	0.08~0.30	1.0以下	1.0~2.5	690以上	15以上
	TS329J4L	0.04以下	1.0以下	0.5~2.0	0.04以下	0.03以下	8.0~11.0	23.0~27.0	2.5~4.0	0.08~0.30	1.0以下	-	690以上	15以上

※ JIS Z 3221, JIS Z 3321, JIS Z 3323 より参照、*AWS A5.4, A5.9, A5.22より参照

溶接材料は JIS に準拠しているものであっても、銘柄によっては規格の範囲内で化学成分が大きく異なる場合がある。これは準拠している規格が同じであっても銘柄によって耐食性（PREW など）が異なることを意味している。溶接部の耐食性は母材に比べて低くなる場合があることから、溶接部の耐食性を確保するために母材よりも高合金の溶接材料を選定する場合がある。溶接材料の選定にあたっては表 2.6 の PREW が参考になる。

スーパー二相ステンレス鋼の SUS327L1 用の被覆アーク溶接材料 ~~JIS に規定されているが、その溶接材料~~ は JIS に規定されていないため AWS の 2594 系を使用する 경우가多い。2594 系の代替として JIS に規定される 329J4L 系を使用する場合は、化学組成から PREW を確認してアンダマッチにならないようにする必要がある。

表 2.5 に共材溶接、表 3.10 に異材溶接に使用する溶接材料（例）を示す。

(1) 被覆アーク溶接棒

被覆アーク溶接の溶接棒は、JIS Z 3221⁵⁾ に ES329J1、ES2209、ES329J4L、ES2553、ES2593 の 5 種が、AWS A5.4⁶⁾ に E2209、E2553、E2593、E2594、E2595、E2307 の 6 種が規定されている。

被覆アーク溶接棒は、国内品には直流又は交流溶接用のルチルベースの被覆剤が、海外品には直流溶接用の塩基性被覆剤があり、ポロシティの発生を防止するために溶材メーカーが推奨する条件（例えば、乾燥温度：150°C～200°C、乾燥時間：1 時間）で乾燥する必要がある。

(2) 溶加棒・ソリッドワイヤ

ティグ溶接、マグ溶接及びサブマージアーク溶接の溶加棒・ソリッドワイヤ（溶加材）は、JIS Z 3321⁷⁾ に YS2209、YS2307、YS2594 および YS329J4L の 4 種が、AWS A5.9⁸⁾ に ER2209、ER2594、ER2553、ER2307 および ER 22 9 3 N L の 5 種が規定されている。

ティグ溶接のトーチシールドガスに Ar を使用する場合は、N が溶接中に熔融池から離脱するため、溶加材に対して溶接金属の N の歩留まりが低くなる。N の歩留まりは一般的に 50%～80% である⁹⁾。

サブマージアーク溶接の溶接材料は、JIS Z 3324¹⁰⁾ に溶着金属の化学成分や機械的性質が規定されているが、そこには二相ステンレス鋼に関する規定がない。二相ステンレス鋼に関する規定は、JIS Z 3321⁷⁾ の溶加材の化学成分のみである。また、AWS にも溶着金属の規定がなく、溶加材の化学成分のみが規定されている。サブマージアーク溶接ではティグ溶接に比べて N の離脱が少なく、溶加材に対して溶接金属の N の歩留まりが高くなる。フラックスは JIS Z 3352¹¹⁾ に規定されている。溶接金属のじん性を確保するためには、溶接金属の O 含有量が低くなるフラックスを使用する必要がある。フラックスは化学成分や製造方法によって、溶込深さやビード形状などが変化し、溶接部の性能に影響を及ぼす場合がある。溶加材やフラックスは銘柄によって、JIS などの規格の範囲内で化学成分が大きく異なる場合がある。溶接金属の化学成分やフェライト量を確認する場合には、サブマージアーク溶接では溶加材の銘柄とフラックスの銘柄の組合せを指定しておく必要がある。

(3) フラックス入りワイヤ

マグ溶接のフラックス入りワイヤは、JIS Z 3323¹²⁾ に TS2209、TS2307、TS2594、TS2594W、TS329J4L、TS2553 の 6 種が、AWS A5.22¹³⁾ に E2209T、E2594T、E2553T、E2307T の 4 種が規定されている。

国内ではトーチシールドガスに CO₂ を推奨している場合が多いが、一部の銘柄では Ar+20%CO₂ を推奨している。使用にあたっては推奨されているシールドガス組成を用いる必要がある。溶接姿勢は、下向、横向、立向に対応が可能である。フラックス入りワイヤマグ溶接の溶接金属は O 含有量が多く、他の溶接法の溶接金属よりもじん性が低くなりやすいため、溶接金属のフェライト量を低くしてじん性を確保している場合が多い。