

Q

S45C や SCM440 等の中・高炭素鋼を溶接する際の、溶接材料の選定と溶接施工上の注意点を教えてください。

A

炭素鋼は含有する炭素量によって表 1 のように低炭素鋼、中炭素鋼および高炭素鋼に分類されます。使用用途によって、クロム、ニッケル等の元素を添加したり、成分を調整することで、特殊な性質を持たせています。また、鍛造や鋳造品であっても、炭素量が 2.14% 以下の場合は炭素鋼(鍛鋼、鋳鋼)に分類されます。表 2 に JIS に規格化されている鋼種の一例を示します。

中・高炭素鋼は炭素量(炭素当量)が高いことから溶接による急熱急冷により熱影響部が著しく硬化し、溶接部の延性が低下することで割れなどの欠陥が生じやすくなります。溶接材

料の選定、溶接施工要領に十分注意する必要があります。

溶接材料は、同一化学成分の溶接材料でなく溶接部に要求される性能によって、以下のように選定します。

表 1 炭素鋼の分類

種別	炭素量(%)
低炭素鋼	≤ 0.25
中炭素鋼	0.25 ~ 0.60
高炭素鋼	0.60 ~ 2.14

① 単に接合する場合、低強度で耐割れ性の良好な低水素系溶接材料を選定します。予熱や直後熱が困難な場合、ステンレス鋼と炭素鋼の異材溶接に使用する 309 系オーステナイト系ステンレス鋼溶接材料を適用する手法もあります。溶接材料選定の一例を表 3 に示します。

また、極低水素シームレスフラックス入りワイヤ SF-1CF を適用すると予熱温度低減を図ることが可能です。図 1 に S45C の溶接に SF-1CF を適用した場合の予想予熱温度を示します。S45C の実際の炭素当量にもよりますが、SF-1CF の適用により、通常の溶接材料を適用するよりも、予熱温度の低減が可能で、作業負担を軽減できます。

② 母材に近い強度が必要な場合、耐割れ性を考慮しながら母材強度に近い強度レベルの溶接材料を選定します。溶接材料選定の一例を表 4 に示します。

溶接施工上、最も注意すべき点は、低温割れの防止対策です。中・高炭素鋼は、表 4 に示すように炭素量(炭素当量)が高く、溶接すると母材の熱影響部が著しく硬くなります。拡散性水素が硬化組織に集約することで水素ぜい化の起因となり、ビード止端部やルート部などに割れが発生する危険があります。

低温割れの防止には、低水素系溶接材料を使用し、拡散性水素量の低減と溶接金属中の水素を放出させるための予熱や直後熱の実施が重要です。予熱温度は鋼材の炭素当量を参考に設定し、溶接線を中心として 100mm 程度の範囲がまんべんなく設定温度になるまで加熱してください。脱水素を目的に行う直後熱は、溶接終了後、溶接部の温度が下がる前に 300℃ 以上で 1 時間程度保持することが望ましく、その後、徐冷します。

また、表 4 に示す 600 ~ 650℃ の溶接後熱処理は、残留応力除去を目的とし、これらも低温割れのリスク低減に有効です。熱処理までに時間が掛かる場合や熱処理ができない場合は、必ず 300℃ 以上の直後熱を施してください。

マグ溶接で施工する場合、高温割れに注意してください。中・高炭素鋼を高電流で溶接すると母材溶込みが過大となり、溶接金属中の炭素量が増加し高温割れ発生の可能性があります。その対策として、溶込みの最小化を狙い低電流・低入熱での施工や、1 ~ 2 層は被覆アーク溶接にて施工し、残りをマグ溶接で行う手法もあります。

S45C や SCM440 等の中・高炭素鋼を溶接する際は表 3 や表 4 を参考にし、上記に記載した施工上の注意点を守って施工してください。

表 2 JIS 区分による中・高炭素鋼の一例

大別	中別	小別	JIS 記号例
炭素鋼	低炭素鋼	構造用圧延鋼材	SS, SB, SM, SN
	中・高炭素鋼	構造用合金鋼鋼材	S _ C, SCr, SMn, SMnC, SNC, SCM, SNCM, SACM, SGV, SBV, SQV
		工具鋼鋼材	SK, SKS, SKD, SKT, SK H
		特殊用途鋼鋼材	SUJ, SUP, SUM
		炭素鋼鋳鋼品	SC, SCW
		構造用合金鋼鋳鋼品	SCC, SCMn, SCSin, SCMnCr, SCMnM, SCCrM, SCMnCrM, SCNCrM
		特殊用途鋼鋳鋼品	SCMnH
		炭素鋼鍛鋼品	SF
		構造用合金鋼鍛鋼	SFVA, SFVC, SFVQ, SFCM, SFNCM

表3 中・高炭素鋼を単に接合する場合の溶接材料例

母材の炭素当量* (Ceq %)	低炭素鋼用溶接材料					ステンレス鋼溶接材料**			
	SMAW	GMAW	FCAW	GTAW	予熱温度*** (℃)	SMAW	GMAW	FCAW	GTAW
0.40 ~ 0.49	L-43LH S-16LH	YM-26 YM-28	SF-1 SF-1CF	YT-28	150 以上	S-309・R	YM-309	SF-309L	YT-309
0.50 ~ 0.59					200 以上				
0.60 ~ 0.69					250 以上				
0.70 ~ 0.79					300 以上				
0.80 以上					350 以上				

* 炭素当量 Ceq % (JIS) = $C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$

** 母材熱影響部の硬化防止の観点から 100℃以下の若干の予熱を推奨

*** SF-1CFを用いる場合、実際の炭素当量、板厚によって予熱温度低減が可能です。予熱しない場合でも、気温が 5℃以下の時は、20℃以上になるように加熱してください。

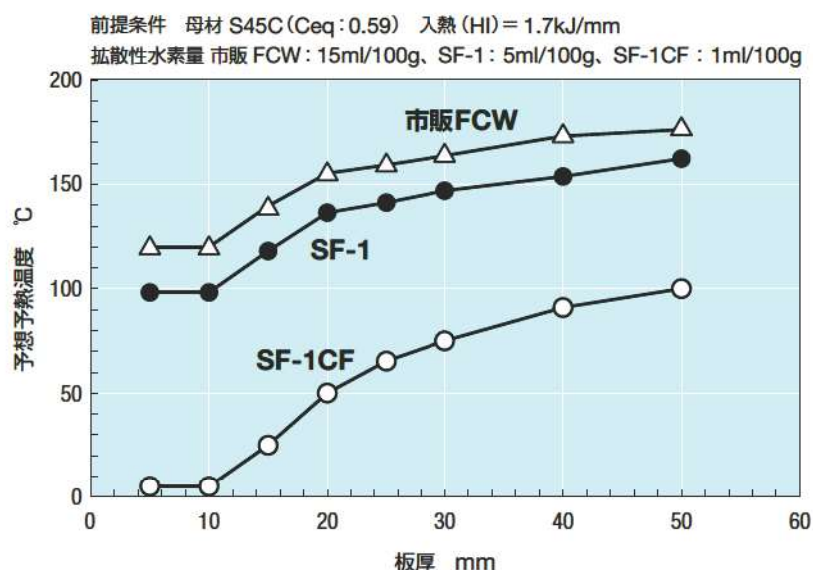


図1 S45Cの溶接における板厚と予想予熱温度

表4 中・高炭素鋼に近い強度を望む場合の溶接材料例

鋼種		引張強さ* (N/mm ²)	ブリネル 硬さ* (HB)	母材の 炭素当量** (Ceq %)	予熱温度 (℃)	溶接後 熱処理 (℃)	溶接材料		
							SMAW	GMAW	GTAW
機械構造用 炭素鋼鋼材	S30C	≥ 540	152 ~ 212	0.44	≥ 100	—	L-60	YM-55C	YT-60
	S35C	≥ 570	167 ~ 235	0.49	≥ 150	—	L-60	YM-60C	YT-60
	S40C	≥ 610	179 ~ 255	0.54	≥ 150	—	L-62	YM-60C	YT-60
	S45C	≥ 690	201 ~ 269	0.59	≥ 200	— ***	L-70	YM-70C	YT-70
	S50C	≥ 740	212 ~ 277	0.64	≥ 200	— ***	L-80	YM-80C	YT-80A
	S55C	≥ 780	229 ~ 285	0.69	≥ 250	— ***	L-80	YM-80C	YT-80A
炭素鋼鍛造品	SFA540A	≥ 540	≥ 152	0.47	≥ 150	—	L-60	YM-55C	YT-60
	SFA590A	≥ 590	≥ 167	0.52	≥ 150	—	L-62	YM-60C	YT-60
構造用 高張力炭素鋼 および 低合金鋼鋼材	SCC5	≥ 690	≥ 201	0.58	≥ 200	— ***	L-70	YM-70C	YT-70
	SCMn5	≥ 740	≥ 212	0.69	≥ 250	— ***	L-80	YM-80C	YT-80A
	SCMnCr4	≥ 740	≥ 223	0.77	≥ 350	600℃ 1hr	L-80	YM-80C	YT-80A
	SCCrM3	≥ 740	≥ 217	0.74	≥ 300	600℃ 1hr	L-80	YM-80C	YT-80A
	SCMnCrM3	≥ 830	≥ 223	0.75	≥ 350	600℃ 1hr	L-80	YM-80C	YT-80A
	SCNCrM2	≥ 880	≥ 269	0.83	≥ 350	650℃ 1hr	L-80	YM-80C	YT-80A
機械構造用 合金鋼鋼材	SCM430	≥ 830	≥ 241	0.81	≥ 350	650℃ 1hr	L-80	YM-80C	YT-80A
	SCM435	≥ 930	≥ 269	0.85	≥ 350	650℃ 1hr	L-80	YM-80C	YT-80A
	SCM440	≥ 980	≥ 285	0.88	≥ 350	650℃ 1hr	L-80	YM-80C	YT-80A

* 焼入れ焼き戻し処理の場合

** 炭素当量 Ceq % (JIS) = $C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$

*** 直後熱を実施 (300℃ 1hr)