

= クロム系ステンレス鋼溶接部の代表的な「マクロ組織およびミクロ組織の観察」(その 1) =

本話よりしばらくの間、フェライト系ステンレス鋼溶接部のマクロ・ミクロ組織の観察とそれらの硬さ測定結果を参照しながら、コメントします。

資料として準備したものは、主に写真として「溶接部マクロ組織」「溶接部ミクロ組織」および図として「溶接部の硬さ測定例」です。

観察に用いた対象溶接品は、フェライト系ステンレス鋼の溶接について基本的な理解を助けることを目的に、母材・継手形状を選定し、溶接に用いた適用溶接ワイヤ、ガスおよび溶接条件を明記しました。

なお適用した溶接法は、適用ガスの違いはありますがパルスマグ溶接法によるものとしました。

溶接部組織の観察は、溶接金属部 — ボンド部およびその近傍 — 熱影響部 (HAZ) — 母材部とそれぞれ区別した時、各部組織の性状とその特長を把握することに努めました。

フェライト系では溶接金属を含めボンド・熱影響部における組織の粗大化、粗大化に伴う粒界の脆化などが品質上の課題とされ測定硬さも参照しながら、観察した結果を付記することにします。

1. 母材 409L (t1.5) 同士の突合せ溶接部におけるマクロ・ミクロ組織観察と測定硬さ

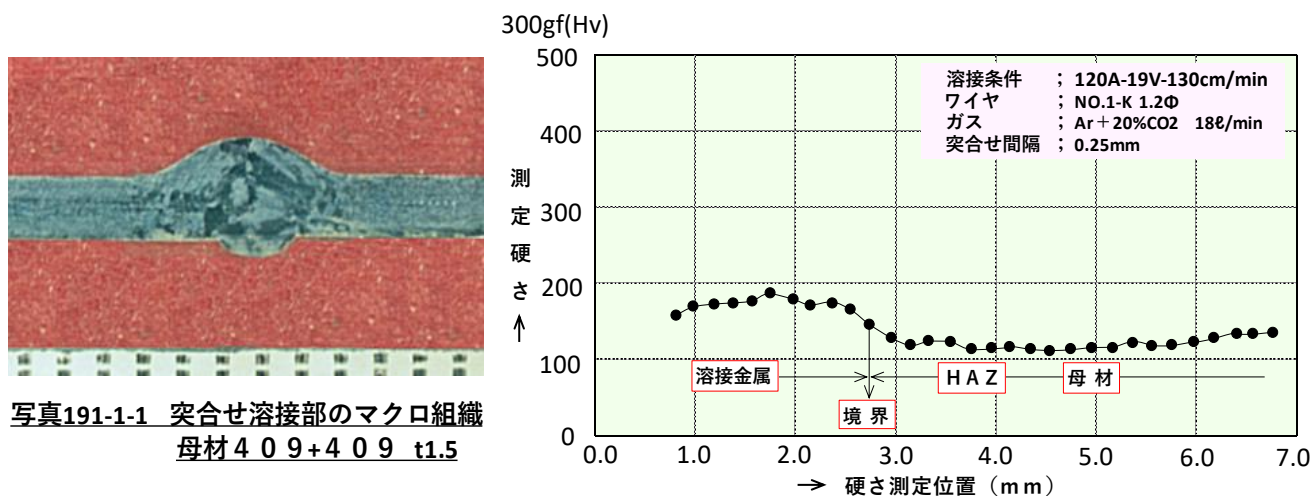


写真191-1-1 突合せ溶接部のマクロ組織
母材 409+409 t1.5

図191-1-1 突合せ溶接部の硬さ測定例；母材409+409 t1.5

1) マクロ組織 (写真 191-1-1)

マクロ組織の全体外観を観察して言えることは、割れなどの有害な欠陥はとくに認められない。但し、溶接金属の柱状結晶が粗大化し、ビード中央で会合している。やや不鮮明なマクロ組織の写真であるが異常はない。同様に母材熱影響部の組織も粗大化が認められる。

2) ミクロ組織 (写真 191-1-2)

ミクロ組織を倍率 50 倍と、溶接金属部・ボンド部・母材部の各部における倍率 100 倍ものに分け示す。柱状晶が熱影響部の結晶を核として母材の結晶と連続となるエピタキシャル成長を生じていることが観察できる。会合部も粗大化しているが健全である。

一方、熱影響部 (以下 HAZ と称す) は粗粒化し母材側にいくにしたがって細粒化し、母材側の圧延組織につながっている。

3) 硬さ測定結果 (図 191-1-1)

各部の概略の硬さ範囲を示す。

溶接金属部 Hv= 1 8 0 ～ 2 0 0, 境界部 Hv= 1 6 5, 母材部 Hv= 1 3 0 ～ 1 5 5

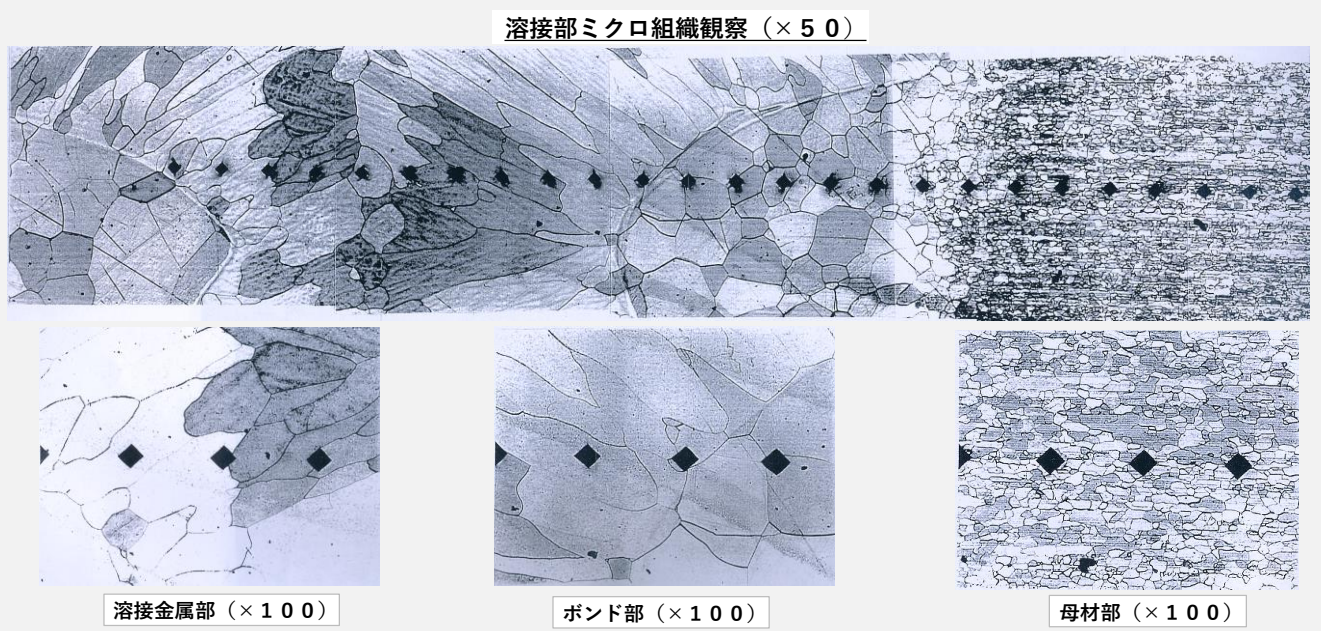


写真191-1-2 突合せ溶接部のマクロ組織 (母材 4 0 9 + 4 0 9 t1.5)

2. 母材 SUS 4 3 0 (t1.5) 同士の突合せ溶接部におけるマクロ・ミクロ組織観察と測定硬さ

1) 適用溶接条件とマクロ組織の比較

母材条件は SUS 4 3 0 (t 1. 5) 同士の突合わせ継手で同様ですが、適用ガスを Ar+ 5 %O₂ と Ar+20%CO₂ の 2 条件としました。

母材が t 1. 5 mm と薄肉のため、アーク集中度の強い Ar+20%CO₂ ガスでは溶け落ちが懸念され、溶接速度を Ar+ 5 %O₂ の 9 0 cm/min から Ar+20%CO₂ の場合は 1 3 0 cm/min にアップしました。

これらの条件下で溶接部組織および硬さの変化についてみることにします。

マクロ組織の比較を写真 191-2-1 に示す。

但し、写真からみるように入熱量は Ar+ 5 %O₂ 時の方が大きいので溶着量およびビード幅はやや大きくなっている。

なお、突合せ母材双方からの柱状結晶の成長状況および溶接金属中央部での会合状況はほぼ同様である。

また、溶接金属両端に形成された HAZ 部の粗大化傾向もほぼ同様である。

条件	Ar+ 5 %O ₂ ・ 120A-19V-90cm/min	Ar+20%CO ₂ ・ 120A-19V-130cm/min
マ ク ロ 組 織 外 観		

写真191-2-1 突合せ溶接部のマクロ組織 (母材 SUS 4 3 0 + SUS 4 3 0 t1.5)

2) ミクロ組織とその比較 (写真 191-2-2 と写真 191-2-3)

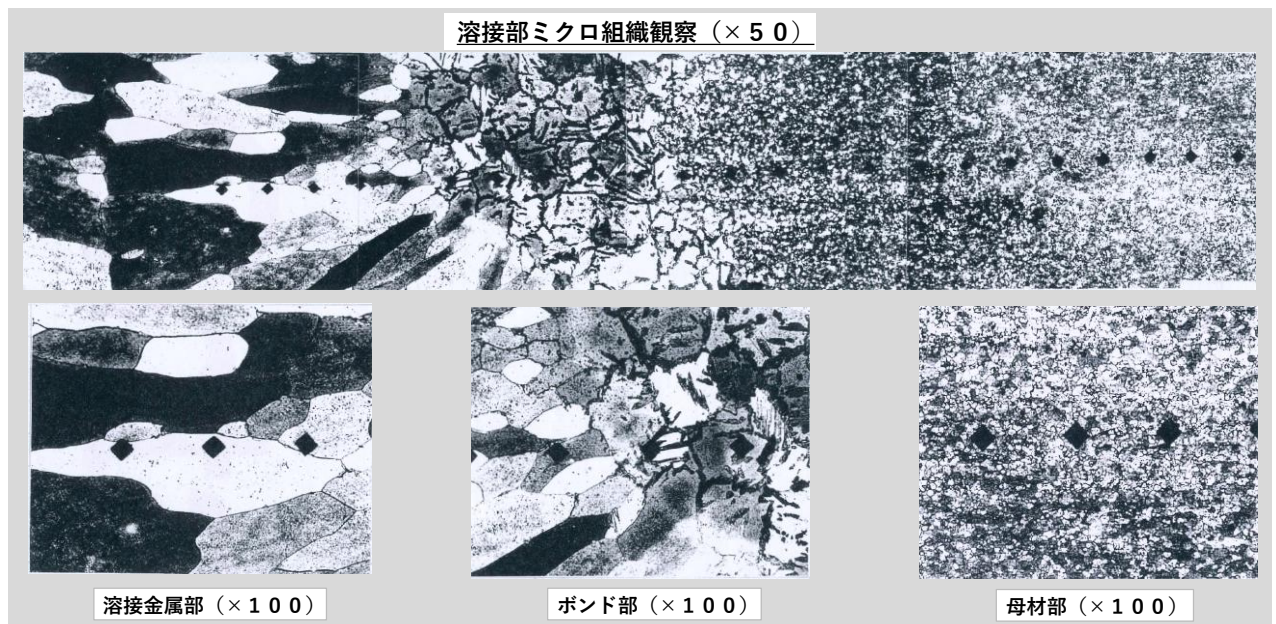


写真191-2-2 突合せ溶接部のミクロ組織 (母材SUS430+SUS430 t1.5)

主な溶接条件； Ar+ 5 %O₂ ・ 120A-19V-90cm/min

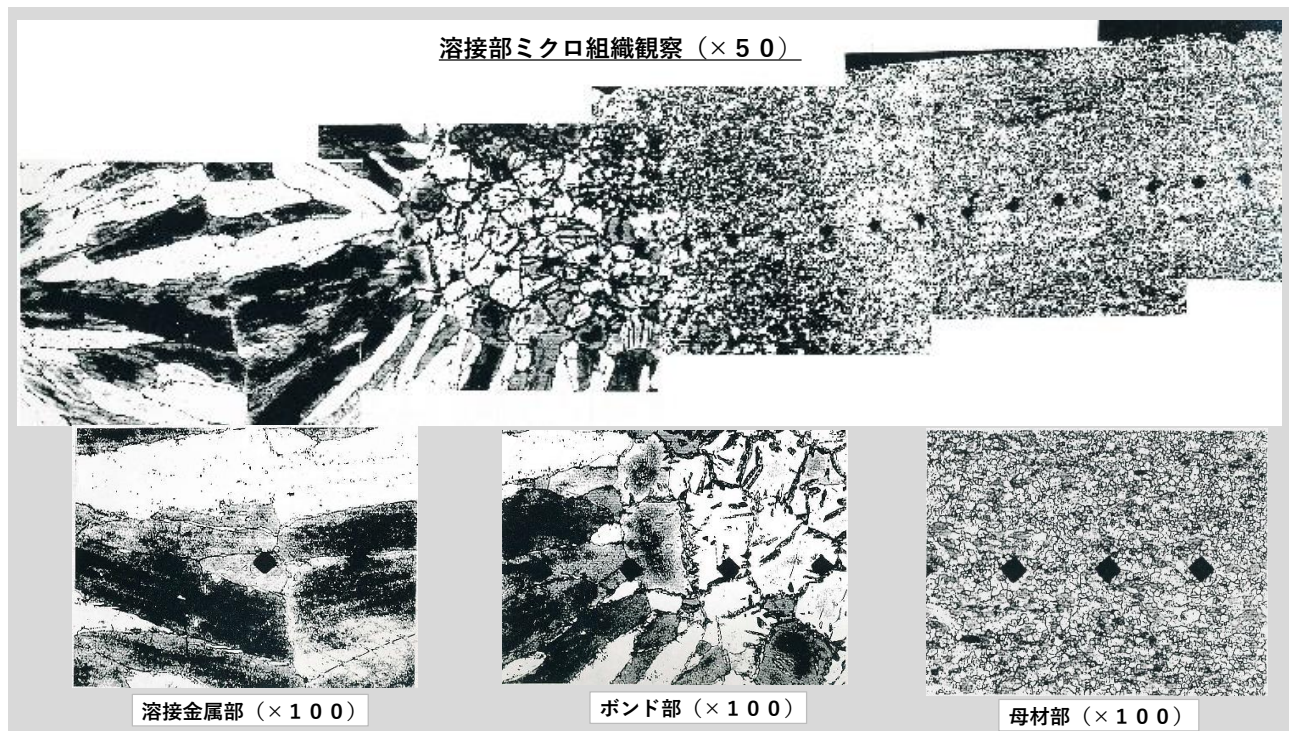


写真191-2-3 突合せ溶接部のミクロ組織 (母材SUS430+SUS430 t1.5)

主な溶接条件； Ar+20%CO₂ ・ 120A-19V-130cm/min

<ミクロ組織観察とコメント>

- ① 両条件とも溶接金属部における結晶粒の粗大化が顕著であり、ほぼビード中央で会合している。
Ar+ 5 %O₂ 条件の場合は粗大結晶粒間にはほぼ清浄であるが、Ar+20%CO₂ 条件の結晶粒間にはマルテンサイトが析出しているのが認められる。これは適用ガスの CO₂ によるCの影響ではないかと推測できる。

② 両条件のHAZ部における組織は、ともに粗大化が認められる。

同時に、粗大フェライト結晶粒内および粒間に低炭素マルテンサイトの生成が明確に認められる。

関連技術図書*1) にも記載があるように、「フェライト系ステンレス鋼の代表的鋼種であるSUS430鋼では、1123K～1173Kでの熱処理によりCr炭化物をフェライト地に析出させた組織となっている。

溶接により、1173K以上に加熱されると、炭化物が固溶するのにともない、部分的にオーステナイト相が析出し、その部分が冷却途中でマルテンサイト変態を生じ、硬化する。」と説明がなされ、参考にしたい。

③ 母材部は微細なフェライト単相の組織となっている。

* 1) ；「ステンレス鋼の溶接・西本和俊・夏目松吾・小川和博・松本長著」産報出版 溶接・接合選書11 ページ 98~100

3) 溶接部の硬さ測定結果とコメント

硬さの測定結果をAr+5%O₂条件の場合

とAr+20%CO₂条件の場合に分けて夫々

図191-2-1と図191-2-2に示します。

また、それらの硬さの読み値を表191にまとめました。

表191 測定硬さ読み値の比較

溶接条件	溶接各部の測定硬さ (Hv)			
	溶接金属部	境界部	HAZ部	母材部
Ar+5%O ₂	200	268	198	155
	230		345	175
Ar+20%CO ₂	213	218	184	163
	240		298	175

① 溶接金属部、境界部、母材部；

前述の409L溶接各部と比べ、何れのガス条件の場合にも、適用ワイヤは同一であっても硬さの増加がみられます。

これは母材のCr量増加の影響と推定します。

②HAZ部；

前述の409L溶接時のHAZ部はほとんど母材硬さと変わりなかったが、430同士の溶接の場合は母材側のCr量の増加とともに、顕微鏡組織に見られるようにCr炭化物の固溶にともなうマルテンサイトの生成により硬度上昇がもたらされたものと推定できる。なお、両条件におけるHAZ硬さの一部違いはガス条件あるいは入熱条件の何れの影響が大きいと判断することは難しい。但し両条件ともHAZ部で硬度が上昇している現象は一致している。

次話では、引き続きSUS430と軟鋼系フランジの溶接部顕微鏡組織の観察例について紹介します。

以上。

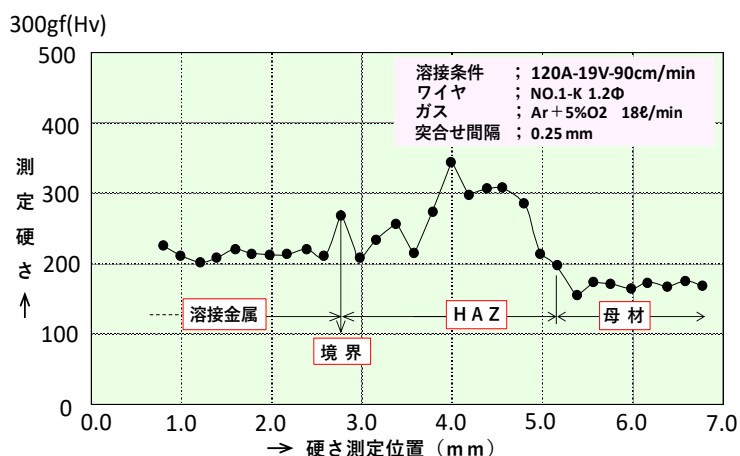


図191-2-1 突合せ溶接部の硬さ測定 (母材SUS430+SUS430 t1.5)
主な溶接条件：Ar+5%O₂・120A-19V-90cm/min

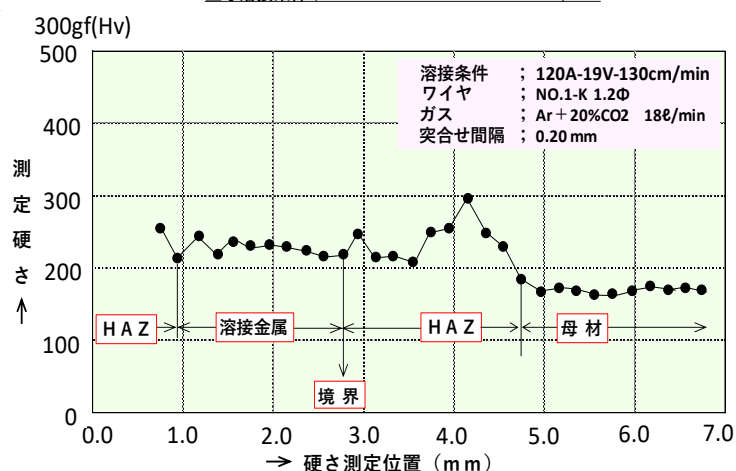


図191-2-2 突合せ溶接部の硬さ測定 (母材SUS430+SUS430 t1.5)
主な溶接条件：Ar+20%CO₂・120A-19V-130cm/min