

## 技術相談

## 事例集

## 第25回

WE-COM 技術相談は発足以来、300 件以上の多くの相談が寄せられています。相談者のご了解をいただいた相談案件の中から WE-COM 会員の皆様の活動にお役立ていただけそうな内容を選んで事例集として公開しています。ご相談は直接の業務に関係する案件だけでなく、日頃、疑問に思っておられる内容についても歓迎します。

回答チームのメンバーは、相談の背景を伺いながら、基本原理にもとづいた具体性のある丁寧な回答に努めていますので、相談者の方々からは、迅速かつ的確な回答で大変、役に立ったと評価いただいています。本相談事例集を参考に、お気軽に WE-COM 技術相談を利用いただけますれば幸いです。

第25回では、【力学・設計】分野、【金属材料・溶接性】分野、【品質保証・施工管理】分野から各1件、合わせて3件の事例をご紹介します。

相談例 73. 圧力容器設計製作に於ける計測器取付け部のソケット溶接使用の可否

相談例 74. 二相ステンレス鋼のフェライト量について

相談例 75. 溶接前・中検査（開先検査、一層目検査等）

## 相談例 73. 圧力容器設計製作に於ける計測器取付け部のソケット溶接使用の可否

オーステナイト系 SUS のパイプに同材質のバルブを取り付ける際、バルブのソケット部にパイプを差し込んでソケット溶接（すみ肉溶接）しても問題ないでしょうか？ 又、すみ肉溶接の適用基準が見つけれられずに困っています。ご教示の程よろしく申し上げます。

### 回 答

結論を先に申し上げます。パイプを差し込んだソケット部へのすみ肉溶接の適用基準が見つからないのは、圧力容器本体に直結する部材、部品（内部から圧力がかかる部位）の溶接にはすみ肉溶接の使用を認めていないことが理由です。

溶接継手の選択については、ご存じのように継手が実使用環境下での負荷される荷重の種類および大きさに十分耐えられることが必要最低限の条件となります。

許容応力設計で、必要のど厚を求めてもそれは平均応力となり、すみ肉ルート部の応力集中が考慮されていません。実使用環境下での運転条件、すなわち振動や温度変化に伴う熱応力によるルート部の応力や、バルブ開閉操作による繰り返し応力などの変化が明確でなく、疲労要因の破壊が懸念されるからです。（図 1 参照）

万が一実使用環境下での疲労による亀裂が進展し破損に至れば内容物が流出し、甚大な被害になることが想定されます。すみ肉溶接の採用は極めて危険だと言わざるを得ません。

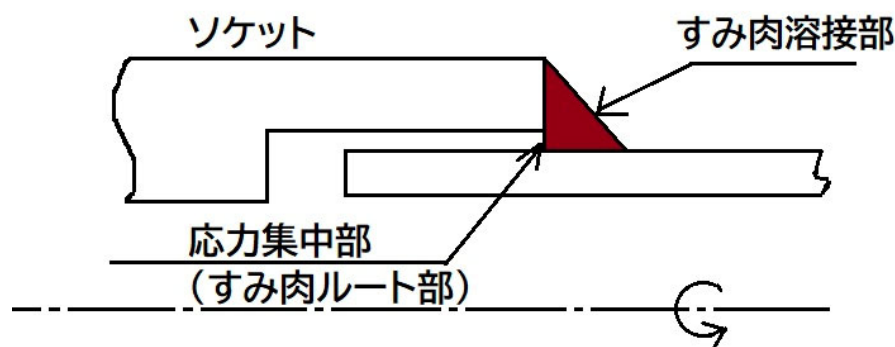


図 1 すみ肉ルート部の応力集中⇒疲労破壊の起点

## 相談例 74. 二相ステンレス鋼のフェライト量について

二相ステンレス鋼のフェライト量に関して次の2点について教えてください。

- 1) 母材はオーステナイト相とフェライト相が多く鋼で概ね 1:1 の割合になっていますが、溶接熱影響部ではフェライト相が増えるのは、なぜでしょうか？
- 2) 溶接金属の凝固モードは例えば SUS329J4L では F モードで凝固直後はフェライト単相になると思いますが、実際の溶接金属ではオーステナイト相が多く存在していますが、なぜでしょうか？

### 回答

- 1) 二相系ステンレスの母材ではオーステナイト相とフェライト相の割合は概ね 1:1 であるが、溶接熱影響部ではフェライト相が増える理由

図 1 に模式的に示すように、二相ステンレス鋼の母材はフェライト+オーステナイト二相温度域で相比が 1:1 となる温度（図の点 A）で固溶化熱処理して供給されています（図の点 A と模式図の a)）。これに対し溶融境界付近の融点直下（図の点 B）に加熱された溶接熱影響部はこの温度では一時的にフェライト単相組織（模式図の b)）となります。その後の溶接熱サイクルの冷却過程でフェライト+オーステナイト二相温度域（図の  $\alpha+\gamma$  の領域にある点 C）を通過する際にフェライト相の粒界からオーステナイト相が生成した組織（模式図の c)）となります。しかしその成長が十分でない場合にはフェライト相が多くなった組織となることがあります。ただし、急冷の途中でもオーステナイト相を生成する能力の高い合金元素である N を十分多く含む鋼では、室温になるまでにフェライト相が減少して母材と同様に概ね 1:1 の割合に近い組織となる場合もあります。

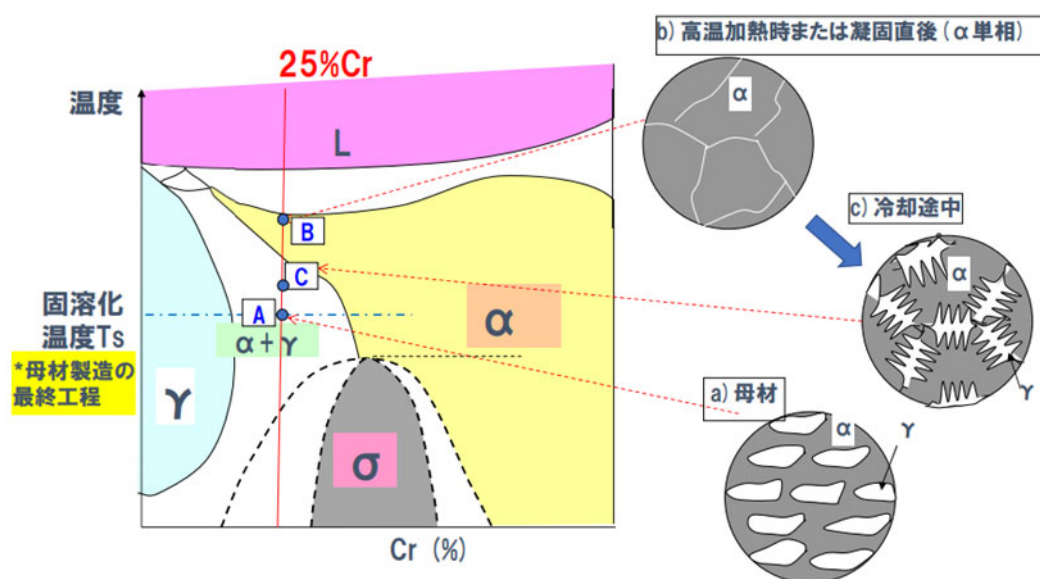


図 1 Fe-Cr-Ni 合金状態図[模式図]

2) 凝固モードはFモードでフェライト単相であるが、実際の溶接金属ではオーステナイト相が多く存在する理由

図1に示すように、溶接金属ではフェライト単相状態（図の点B）で凝固完了するため凝固モードはFモードになります。しかし、凝固後の冷却過程ではフェライト+オーステナイト二相温度域（図の $\alpha+\gamma$ の領域にある点C）を通過する際にフェライト相の粒界からオーステナイト相が生成し、フェライトとオーステナイトの混合組織（模式図のc）となります。なお、熱影響部に比べて凝固直後の溶接金属ではフェライト相が安定なため、オーステナイト相の生成が少なくなる傾向があります。そのため現在、市販されている二相ステンレス鋼用の溶接材料は母材に比べてNiを2~3%程度多く添加して、冷却過程で十分なオーステナイト相が生成する溶接金属組織が得られるように成分設計されています。

3) なお関連する解説が下記のWE-COMマガジン第17号にありますのでご参照ください。

[https://www-it.jwes.or.jp/we-com/bn/vol\\_17/sec\\_1/1-1.pdf](https://www-it.jwes.or.jp/we-com/bn/vol_17/sec_1/1-1.pdf)

[https://www-it.jwes.or.jp/we-com/bn/vol\\_17/sec\\_2/2-1.pdf](https://www-it.jwes.or.jp/we-com/bn/vol_17/sec_2/2-1.pdf)

また、凝固モードや二相ステンレス鋼の組織に関連する基礎的な解説は下記をご参照ください。

- ・西本和俊、夏目松吾、小川和博、松本長， 「ステンレス鋼の溶接」産報出版（2001）

## 相談例 75. 溶接前・中検査（開先検査、一層目検査等）

溶接部の開先検査や、一層目検査の導入を検討しています。実状、現場作業者に任せていますが、一般的には開先検査とその施工記録を、どの様に作成すべきですか？アドバイスをお願いします。

### 回 答

重要構造物では、開先検査の実施とその記録作成および第三者検査が要求されています。一方、一般構造物の場合には、客先要求がなければ社内検査の実施が一般的です。

相談事例の様な場合には、社内検査では溶接技能者とは別の検査部門の検査員が検査を行うことが一般的です。会社組織に検査部門がない場合には、現場工作部門の検査員が行うことはあり得ますが、その検査員は開先検査に関連する教育を受け、開先検査を行う技量を持つ必要があります。

開先検査の方法としては、開先ゲージを用いて開先形状・寸法が要求精度内であることを確認し、開先面が清浄で、異常がないことを外観目視で確認します。溶接技能者が開先検査員を兼ねる場合には、溶接技能者に開先検査に関連する教育を十分に行わねばなりません。

なお、不具合を防止するには、開先検査だけでなく、その前後のチェックも重要です。開先そのものが図面通りに正しく加工されていることは、加工後の段階で現場作業者または監督職など別の人が検査して確認します。1層目溶接後の確認は、後続層の適切な溶接が可能であることを確認することが目的です。そのために、溶接技能者が行うのが一般的です。

JIS規格ではJIS Z 3400 ”金属材料の融接に対する品質要求事項”を参考にしてください。点検項目として、箇条 B13.2 に“継手の準備状況（例えば、形状及び寸法）”、箇条 B13.3 には、“溶接金属のパス及び層ごとの清掃及び形状”があります。