

2.2 ボイラーの溶接修繕方法

2.2.1 ボイラーの溶接修繕を行うに当たって検討すべき事項

ボイラーの修繕は、その施工方法を誤るとかえって欠陥を増大させたり、使用不能となるような重大な結果を生じたりすることがある。修繕に際しては、欠陥発生原因、欠陥の大きさと形状等をあらかじめ十分調査しなければならない。さらに次の事項について検討することが必要である。

(1) 修繕するボイラーの材料が溶接に適していること。

修繕するボイラーの材料は、溶接に適していなければならない。炭素含有量が0.35%を超える鋼材は溶接によって硬化し、割れを生じやすくなるので溶接で修繕してはならない。

(2) 完全な溶接ができること。

正しい姿勢で溶接作業を行うことができないと、完全な溶込みが得られないのみならず、溶接部に欠陥が生じるおそれがある。

(3) 著しい曲げ応力を生じる部分は避けること。

(4) 予熱が行えること。

溶接修繕は、通常の溶接と異なり拘束が大きいので、原則として予熱が必要であるから、この予熱が行えることを確認する。

(5) 溶接後熱処理及び放射線検査ができること。

原則として修繕部分は、溶接後熱処理及び放射線検査が必要であるので、それらが実施可能かどうか検討しなければならない。

(6) 溶接修繕が他の継手部分に悪い影響をあたえないこと。

管のころ広げなどに近接して溶接修繕を行うと、緩んで漏れを生じることが多いので管を抜き取り施工するか、あるいは溶接の影響(熱、収縮等)を防ぐため、水冷する、ぬれぞうきんを当てる、管に栓をする等の適切な措置を講じなければならない。

2.2.2 修繕するボイラーの材料及び修繕に使用する材料

修繕するボイラーの材料及び修繕に使用する材料は、図面、設計仕様書、材料証明書(ミルシート)等により溶接に適していることを確認し

なければならない。材質不明のものを溶接で修繕する場合は、あらかじめ化学成分や機械的性質を調査すべきである。

2.2.3 溶接修繕の方法

ボイラーを溶接修繕する方法にはいろいろあるが、その対象となる欠陥の種類、欠陥の大きさを考慮して適切な方法を選定する。

次に一般的な溶接修繕の方法を述べる。

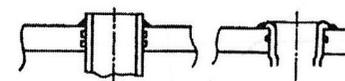
(1) 漏止め溶接法

漏止め溶接法は、管取付部に対し漏れを防止する目的で溶接を施す方法をいう。

漏止め溶接は、気密性を確実にするための手段である。漏れの原因を除去し、ころ広げしても漏れが止まらない場合には、漏止め溶接によって修繕して差し支えない。

漏止め溶接は、強度を分担させるものではないので、のど厚はできる限り小さくすべきである。

図2.21は漏止め溶接の例を示す。



管の取付部

図2.21 漏止め溶接の例

(2) 肉盛り溶接法

肉盛り溶接法は、局所的な腐食や摩耗などによる減肉箇所に、溶接盛金を施す方法である。このことを正しく理解しないで乱用し、その結果、溶接熱により大きなひずみを生じたり、修繕部に応力を残留させたりすることがあるため、その採否については慎重な検討が必要である。

肉盛り溶接は、通常次のような順序で行われる。

する。

なお、当て板の厚さ（A）は、式(1)によって得られる厚さ以上とし、全周当て板の場合は(2)式で得られた厚さ（A'）以上とする。

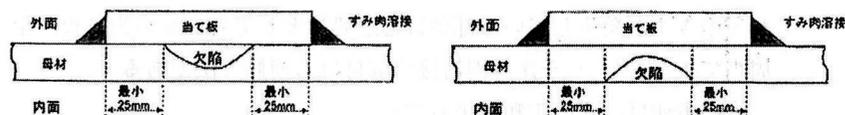
$$A = 1.4 \times 1.1 \times (t_{\min} - B) \quad \dots\dots(1)$$

$$A' = (1 + 2t/Di) \times t_{\min} \quad \dots\dots(2)$$

ここで、

Di:腐れ代を除いた胴の内径(mm), t:母材の厚さ(mm),

t_{min}:必要最小厚さ(mm), B:母材残厚さ(mm)



(a)欠陥が外面側にある場合

(b)欠陥が内面側にある場合

図2.27 当て板と母材健全部の重なり長さ

(g) 母材のすみ肉溶接が施工される範囲は、目視検査に加えて浸透探傷試験又は磁粉探傷試験によって欠陥がないことを確認する。

(h) 当て板には図2.28に示すように気密試験用のタップ穴を兼ねた空気抜き穴を設ける。

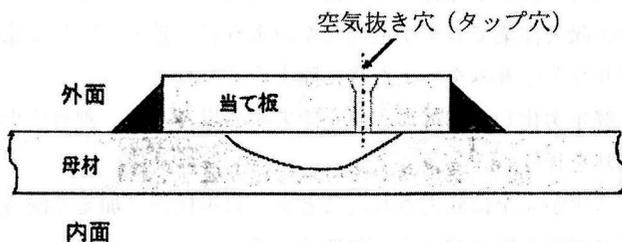


図2.28 当て板への空気抜き穴

2.2.4 溶接修繕後の処置

ボイラーを溶接修繕した場合は、修繕の内容に応じ適切な処理を行わなければならない。修繕の方法は、千差万別であるため一概にその処理方法を定めることはできない。ここでは、通常行われている方法を述べる。

(1) 溶接部の放射線検査

切り継ぎ溶接部及び割れを溶接修繕した部分は、外観検査を行うほか、原則として放射線検査を行わなければならない。ただし、主として圧縮応力の生じる部分や重要度が小とみなされる部分については、放射線検査を省略することができる。

(2) 溶接部の溶接後熱処理

切り継ぎ溶接部、割れを溶接修繕した部分、小範囲を超えて行った肉盛り溶接部等は、原則として溶接後熱処理を行わなければならない。

ただし、板厚が薄い場合や重要度が小とみなされる場合は、溶接後熱処理を省略することができる。この溶接後熱処理は一般に局部加熱を行う方法によるが、それには赤外線ヒータ、ニクロム線電熱ヒータ等を用いて電氣的に温度をコントロールしながら、加熱する方法等がある。

残留応力の減少を図る方法として、ピーニングが採用されることがあるが、これは表面の残留応力しか取れないのであまり有効ではなく、むしろ、変形を少なくする方法として、一般に用いられている。

(3) 溶接部の機械試験

切り継ぎ溶接が広範囲にわたる場合は、機械試験を行う必要がある。機械試験用の試験板は、継ぎ板と同じ板から作成して準備しておき、切り継ぎ溶接に引き続き同一条件によって溶接して作成する。試験板について行う機械試験の種類と数は、ボイラー構造規格による。

(4) 水圧試験

ボイラーの修繕が完了した後は、必ず所定の圧力で水圧試験を行って、漏れその他の異状がないことを確認する。

5. 溶接部の検査方法の概要

5.1 あらまし

溶接部の信頼度を高め安全を確保するために、ボイラーの溶接部に対し種々の試験・検査が行われる。ボイラー等が高温、高圧化し、大型化するに従い、溶接部に対する検査はますます重要になってきている。

溶接部の検査は、その実施の時期から次のように区分される。

- (1) 溶接施工前の検査
- (2) 溶接施工中の検査
- (3) 溶接施工後の検査

溶接施工前の検査は、溶接施工方法の確認にはじまり、溶接士の確認、溶接材料のチェック及び開先検査等がある。

溶接施工中の検査は、各層ごとの外観のチェック及び溶接諸条件の確認等があるが、一般には溶接施工後の検査が主流となっている。

検査のためには、種々の試験が行われるが、これを大別すると次のようになる。

- (1) 破壊試験
- (2) 非破壊試験
- (3) その他の試験

破壊試験とは、被検査部の一部を代表するものとして試験片を採取し、これを引っ張ったり曲げたりして、溶接部の強さや伸び等を調べるもので、その試験の種類及び目的例を表5.1に示す。

非破壊試験とは、放射線、超音波及び電磁気等を溶接部に当てて内部や表面の欠陥を検出するものである。

その代表例を表5.2に示す。

破壊試験では、溶接部の強さ、伸び等の機械的性質を知ることができるが、溶接部すべてについて試験することはできない。一方、非破壊試験では溶接部全線について内部の欠陥の存在を知ることができるが、実際の溶接部の性能を知ることができない。

表5.1 溶接部に対して行われる破壊試験方法

| 試験の種類 | | 試験の目的 |
|--------|--------|---|
| 引張試験 | 溶接継手試験 | 溶接継手の性能を調べる |
| | 溶着金属試験 | 溶接材料の性能を調べる |
| 曲げ試験 | 型曲げ試験 | 溶接部の延性を調べる |
| 衝撃試験 | | 溶接部のじん性又はぜい性を調べる |
| 疲労試験 | | 溶接部の疲労特性及び疲労限度などを調べる |
| 硬さ試験 | | 溶接部の硬さを調べる |
| 破面試験 | | 溶接部の破面について内部欠陥の有無を調べる |
| 金属組織試験 | ミクロ試験 | 溶接部の断面を腐食液で処理し、顕微鏡によって金属組織を調べる |
| | マクロ試験 | 溶接部の断面又は表面を研磨し、腐食液で処理する。肉眼で溶込み、熱影響部及び欠陥等の状態を調べる |
| 溶接割れ試験 | | 溶接部の割れ感受性を調べる |
| 化学分析試験 | | 溶接部の化学成分を調べる |

表5.2 溶接部に対して行われる非破壊試験方法

| 試験方法 | 欠陥識別範囲 | 経費 | 装置費 |
|---------|---------------|----|-----|
| 放射線透過試験 | 内部のみ | 高 | 高 |
| 超音波探傷試験 | 内部のみ（厚さに制限なし） | 少 | 高 |
| 磁粉探傷試験 | 表面又は表面直下数mm | 中 | 高 |
| 浸透探傷試験 | 表面のみ | 中 | 少 |

5.2 破壊試験

5.2.1 破壊試験の概要

表5.1に示した、いくつかの試験が必要に応じて採用される。

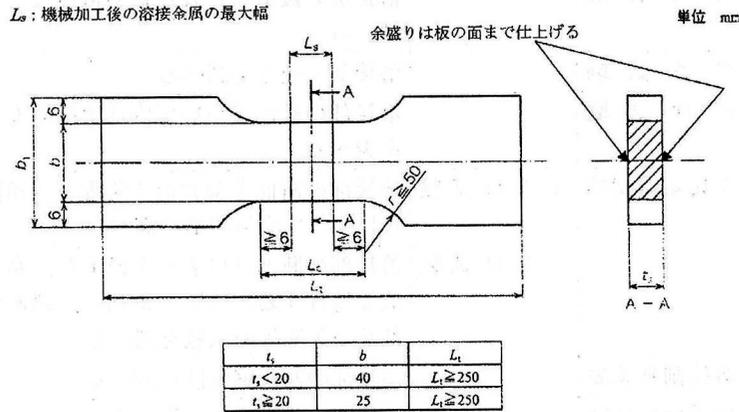
- (1) 引張試験

(a) 溶接継手試験

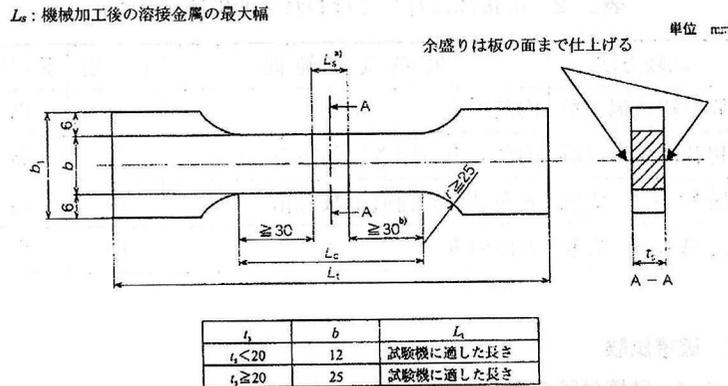
この試験は、ほとんどすべての場合に要求されている。

試験板から採取される試験片は、図5.1に示すように日本工業規格 Z 3121-2013 (突合せ溶接継手の引張試験方法) に定める1号試験片又は1A号試験片とする。

(1号試験片)



(1A号試験片)



注^{a)} 圧接及びビーム溶接 (ISO 4063 のプロセスグループ 2, 4, 51 及び 52) の場合、 $L_1=0$ とする。
注^{b)} ある種の金属材料 (アルミニウム、銅、それらの合金など) においては、50 mm 以上が必要になる場合がある。

図5.1 板の試験片

試験機は一般にはアムスラー万能試験機によるが、試験機の能力が不足で試験片の板厚のままでの試験ができない場合には、薄のこぎりで試験機の能力に合うまで薄く切り分けて試験片を作ることができる。この場合には、切り分けた試験片の全部について試験を行う。

この試験は溶接部の継手としての引張強さを調べるもので、母材と溶接金属が一体となって引き伸ばされる。

したがって、伸びは測定しないのが一般的である。

(b) 溶着金属試験

この試験は、日本工業規格 Z 3111-2005 (溶着金属の引張及び衝撃試験方法) により、図5.2に示すように全部溶着金属から作られる丸棒の形状の試験片が用いられる。一般に溶接材料の性能試験に用いられている。

ボイラーの溶接部については、この試験は省略されている。

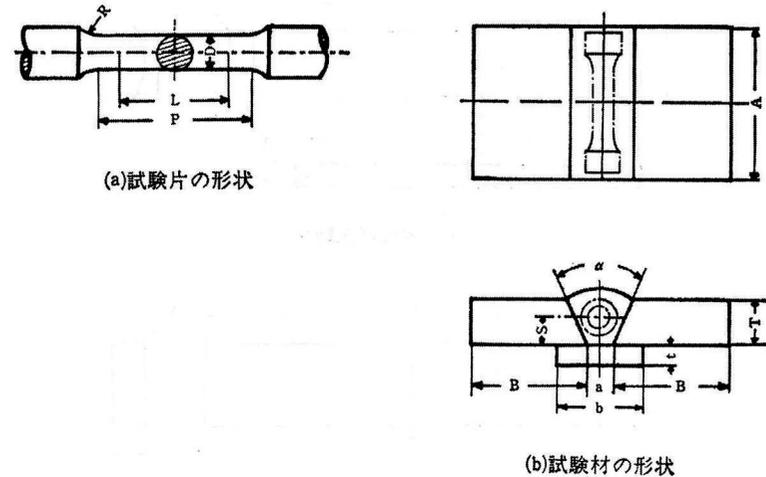


図5.2 溶着金属引張試験片とその採り方

(2) 曲げ試験

この試験には、表曲げ試験、裏曲げ試験及び側曲げ試験の3つがある。表曲げ試験は溶接部の表側、裏曲げ試験は溶接部の裏側、側曲げ