

参考資料一⑥ 貯槽の開放検査における欠陥の検出と その処理について

(A種検査員資格更新のための講習会テキストより抜粋)

1. はじめに

高圧ガス保安法に基づいて、液化石油ガス貯槽の開放検査を実施する場合、その主たる目的として、貯槽の内表面の溶接施工箇所（近房を含む）に介在する割れ、きず等の欠陥の有無を確認する。介在する欠陥の確認は、主として目視検査及び非破壊検査（磁粉探傷試験、浸透探傷試験）により確認している。

ここでは特に、非破壊検査を実施することにより検出される欠陥（主に溶接欠陥）とその処理方法について述べる。

2. 溶接欠陥の種類とその発生原因について

2.1 貯槽の溶接方法

液化石油ガス貯槽は、円筒形貯槽と球形貯槽の二つの種類に分けられ、前者は主に工場内で製作され、後者は主に現地で組立てられている。

貯槽を構成する各鋼板（胴板、鏡板、球殻板）は、主に突合せ溶接で施工され、本体と附属品とは、隅肉溶接で施工されている。

溶接欠陥の発生場所を確認する意味で、溶接継手の各部の名称とその位置について図-1に示す。

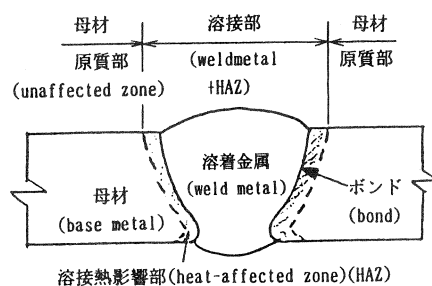


図-1 アーク溶接継手各部の名称と位置

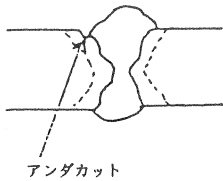
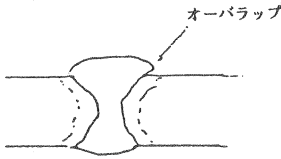
2.2 溶接欠陥の種類、発生場所と発生原因

溶接欠陥は、溶接部の溶着金属に発生するものと、溶接施工時の熱影響部に発生するものに分類することができる。また、発生原因により表面や表面附近に発生する欠陥と、内面に発生する欠陥とに分類することができる。

ここでは、特に開放検査に伴い実施する非破壊検査（磁粉探傷試験：MT及び浸透探傷試験：PT）によって表面及び表面附近に発見される欠陥について、表-1に記載する。

表-1

No.	欠陥の種類・呼称	欠陥の形状と発生部位	発生の原因・適用試験方法等
1	ブローホール (気孔)		<p>溶着金属内に残留したガスとその移動によって生ずる。表面に開口したものは、MT, PTによって発見できる。</p> <p>深層部のものはRT^{*1)}によって発見できる。</p>
2	スラッグの巻込み		<p>スラッグの一部が溶着金属の内部又は表面部に残るもの。スラッグ除去不十分の場合はその次層の溶接の際、溶接せずそのまま層間に残る。また開先角度の不適, 溶接土の未熟によっても生ずる。</p> <p>表面のものは目視で発見できる。</p> <p>深層部のものはRT等によって発見できる。</p>
3	クレータ割れ		<p>高温割れの一つで, 溶着金属が凝固するときにおこる。</p> <p>RT又はUT^{*2)}によって発見できる。</p> <p>クレータ割れは肉眼でも発見しやすいので, 溶接中にビード継ぎ部等はよく注意し, 発見したら次の溶接を行う前に除去することが必要である。</p>
4	縦割れ		<p>溶接部の拘束が大きい場合に発生しやすく, 溶着金属及び熱影響部におこる。溶接後相当時間を経過した後現れることもあるので注意を要する。</p>
5	横割れ		<p>高温時に割れたものは酸化しており, 肉眼でも発見できる。</p> <p>表面に開口したものは, MT, PTによって発見できるが, 内在するものは, RT, UTによらなければならない。</p>
6	トウクラック		<p>止端部の割れ感受性と拡散性水素の存在及び応力集中等による。</p> <p>MT, PTによって発見できる。</p>

7	アンダカット		溶融の止端部において、溶接電流や運棒の不備により母材が溶けすぎたため溝状又はくぼみとなる。 目視、MT又はPTによって発見できる。
No.	欠陥の種類・呼称	欠陥の形状と発生部位	発生の原因・適用試験方法等
8	オーバーラップ		溶接電流や運棒の不備により、溶着金属が十分母材に溶け込まず、母材表面に覆いかぶさる状態で凝固してできる。 目視によって発見できる。
9	表面欠陥		溶着金属の表面ビードにできる不齊な波で溶接士の技量、スラグの巻き込み、溶接棒の継ぎ箇所におこる。

*1)RT:放射線透過試験 *2)UT:超音波深傷試験

3. 溶接施工箇所の欠陥検出方法と欠陥の検出率について

溶接施工箇所の欠陥の検出方法の中で、貯槽の開放検査を実施した際に用いる方法として磁粉探傷試験と浸透探傷試験の二つの方法がある。この中でも特にLPガス貯槽の内表面溶接施工箇所の欠陥の検出方法として、極間法を用いた磁粉探傷試験が主な試験方法となっている。

しかしながら、上記の試験方法で実施しても、検査技術者の経験や検査条件等様々な条件の違いにより欠陥の検出率に微妙な違いが出てくる。

以下に、検査技術者や検査条件等の違いによって生じる欠陥の大きさ、表面に開口する欠陥の深さ、検査速度及び非破壊検査（磁粉探傷試験）施工箇所の表面処理程度と検出率の関係を示す。

3.1 欠陥の寸法と検出率

欠陥検出率と欠陥の寸法との関係を図-2に示す。

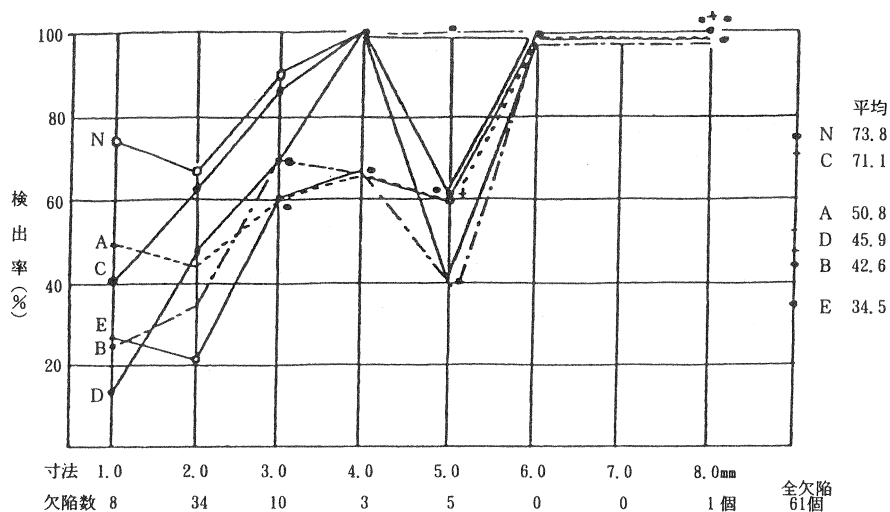


図-2 欠陥検出率

3.2 表面に開口する欠陥の深さと検出率

欠陥（特にクラック）の深さと欠陥検出率の関係について図-3に示す。

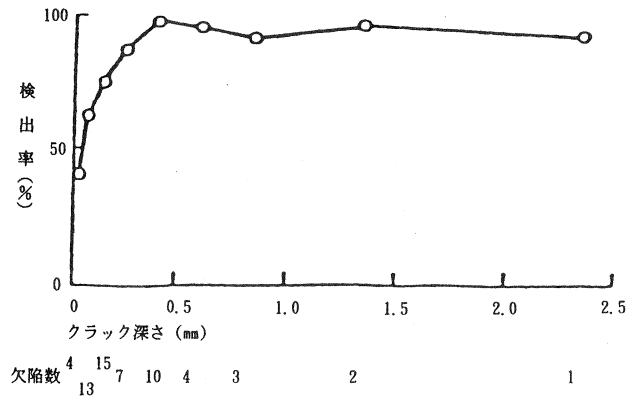


図-3 クラック深さと検出率

3.3 検査速度と検出率

磁粉探傷試験の検査速度と欠陥検出率の関係について図-4に示す。

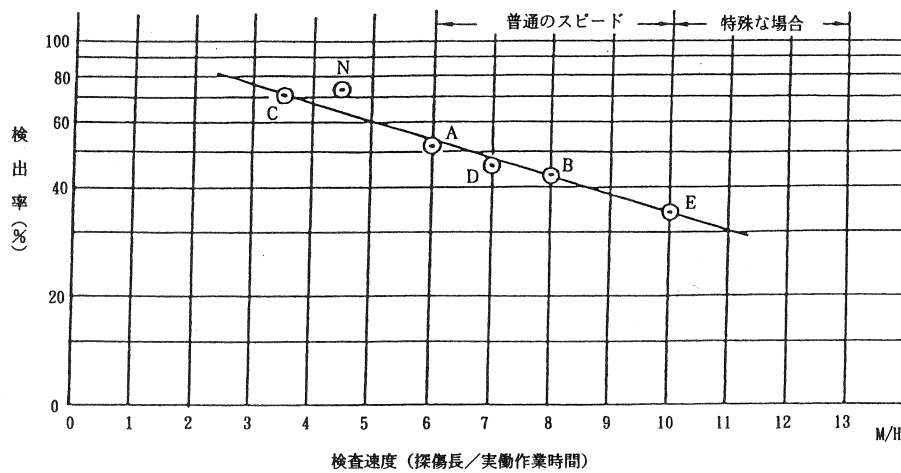


図-4 検査速度と検出率

3.4 表面の研磨等による欠陥検出の変動

表面の研磨回数による欠陥検出数の変動を表-2に示す。

以上のように、貯槽の開放検査において、主に用いられる磁粉探傷試験により発見される欠陥の検出の度合いは、検査技術者や検査条件の違いにより微妙に差が生じることを示している。一般的には、欠陥寸法が大きければ大きいほど欠陥の開口部表面からの深さが深ければ深いほど、検査速度が適切であればあるほど、また試験対象面の研磨回数が多ければ多いほど、欠陥検出率が高くなっていくことがわかる。

No.	項目	検査の名称	実施方法及び判定方法
1.	検査の種類	①腐食状況の検査	<p>(1)検査方法</p> <p>1) 目視により貯槽内外表面の腐食を検査する。外部については、塗装の剥離、膨みの有無を検査する。</p> <p>2) 腐食等が発見された場合、腐食の範囲と深さを測定する。</p> <p>注記：腐食等を除去した後、ディプスゲージ又は超音波厚さ計で測定する。</p> <p>(2)判定及び補修方法</p> <p>下記により補修を実施する。</p> <pre> graph TD Start[腐食の発見] --> Measure[腐食の大きさと深さ(+1)測定] Measure --- Thickness[肉厚測定記録] Measure --> Class[腐食の分類と判定(+2)] Class --> Plan[溶接補修実施要領書の作成] Plan --> PreProc[溶接補修前処理, MT又はPT(+3)] PreProc --> Repair[溶接補修実施及びグライグ仕上げ] Repair --- NDT[非破壊検査の実施] Repair --> D3mm{D ≥ 3mm(+4) 突合溶接部} D3mm -- YES --> MTorPT1{MTorPT及びRT} D3mm -- NO --> MTorPT2{MTorPT} MTorPT1 -- NG --> RepairMethod[割れ等の検査の補修方法補修の項へ] MTorPT1 -- OK --> Pressure[耐圧試験] MTorPT2 -- NG --> RepairMethod MTorPT2 -- OK --> NDE[非破壊試験 溶接線全線] NDE -- NG --> RepairMethod NDE -- OK --> Normal[通常の開放検査工程へ] </pre> <p>(+1)腐食部分を完全に削除した深さをいう。</p> <p>(+2) JLPA 501「LPガスラント検査基準」501-27 1.8.3 による。</p> <p>(+3) 非破壊試験の名称 MT:磁粉探傷試験 PT:浸透探傷試験 RT:放射線透過試験</p> <p>(+4) 腐食除去後の深さ</p> <p>(+5) 溶接補修の適用及び補修後の処置については、都道府県との協議により決定する。</p>

No	項目	検査の名称	実施方法及び判定方法
2.	検査の種類	<p>②割れ等の検査</p> <p>(#1) きずを完全に除去した深さをいう。</p> <p>(#2) JLPA 501「LPガスプラント検査基準」501-37 1.11.12による。</p> <p>(#3) 非破壊検査の名称 MT:磁粉探傷試験 PT:浸透探傷試験 RT:放射線透過試験</p> <p>(#4) 割れ等のきず除去後の深さ</p> <p>(#5) 溶接補修の適用及び補修後の処置については、都道府県との協議により決定する。</p>	<p>(1)検査方法</p> <p>1) 磁粉探傷試験又は浸透探傷試験により貯槽内面の溶接線、母材の熱影響部、治具取り付け跡、ノズルその他付属品の取り付け溶接部及び母材部分等に介在する欠陥の有無を検査する。</p> <p>3) 割れ等のきずが発見された場合、大きさ及び深さを測定する。 注記：きずを除去した後、ディプスゲージ又は超音波厚さ計で深さを測定する。</p> <p>(2)判定及び補修方法 下記により補修を実施する。</p> <pre> graph TD Start[割れ等のきずの発見] --> Measure[きずの大きさ及び深さ(#1)を測定] Measure --> Class[割れ等のきずの分類と判定 (#2) [A], [B] [C], [D]] Class --> Order[溶接補修実施要領書の作成] Order --> Pre[溶接補修前処理, MT又はPT (#3)] Pre --> Impl[溶接補修実施及び'グラインダ'仕上げ] Impl --> NDT[非破壊検査の実施] NDT --> D3mm{D ≥ 3mm (#4) 突合溶接部} D3mm -- YES --> MTorPT1{MTorPT} D3mm -- NO --> MTorPT1 MTorPT1 -- OK --> MTorPT2{MTorPT 及びRT} MTorPT1 -- NG --> Measure MTorPT2 -- OK --> Pressure[耐圧試験] MTorPT2 -- NG --> Measure Pressure --> NDT2{非破壊試験 溶接線全線} NDT2 -- OK --> End[通常の開放検査工程へ] NDT2 -- NG --> Measure </pre>