

溶接気槽の破壊試験

阪神内燃機工業KK検査課長 増井博志

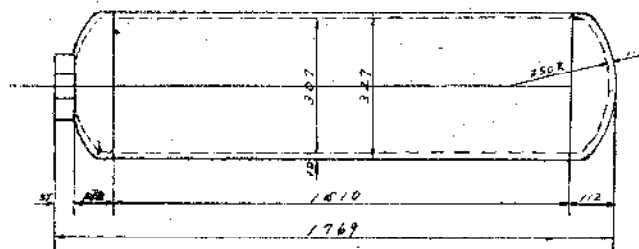
1. 緒言

船用内燃機関の始動に用ゆる気槽は其の重要性の為に非常に厳格なる検査が行われている。然して従来は鉚接手か或いは引抜き鋼管が主として用いられて居たが溶接技術の進歩に伴い其の経済的利点の為に漸次溶接の方向に移行しつつあり、茲に於て当社に於いては其の信頼性を確め何等不安なくこれを使用し得る為に実物により破壊試験を行う事とした。

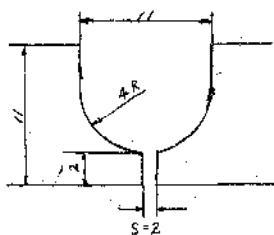
以下これに対する報告を述べる。

2. 気槽の構造並びに工作方法

実験には容量 120L の気槽を使用した。其の構造は第 1 図に示す通りであつて其の溶接線は気槽胴の長さの方向に 1 箇所鏡板は前後共勿論円周方向に溶接した。溶接面の開先は第 2 図に示す通りであつて機械で U 字型に削り又成型にはすべて水圧プレスで行い打撃は厳禁した。開先の形状及び合せ目 S はすべてゲージにて検査を行い齊一なるを確認した。仮溶接は胴接手全線に対して長さ 20 耗宛 5 箇所、屈接手にては長さ 20 耗宛 6 箇所を 1 層盛にて行つた。尚これは本溶接の際取除かぬ為、溶け込みの完全と亀裂の防止に極力注意した。尚溶接順序は初



第 1 図 120L 溶接気槽



第 2 図 開先の形状

めに胴板の溶接を行い次に鏡板の溶接を行つた。

2. 1 溶接棒及び溶接機械

溶接棒は神戸製鋼所製 B17 直径 4 耗のものを、溶接器は静電柱製交流機 80kw を使用した。B17 は海事協会にて検定済のものでこれの化学分析表及び Deposit metal の機械的性質は次の通りである。

第 1 表 芯線の化学成分

C	Si	Mn	P	S	Cu
<0.10	<0.03	0.35~0.50	<0.02	<0.25	<0.19

第 2 表 Deposit metal の機械的性質

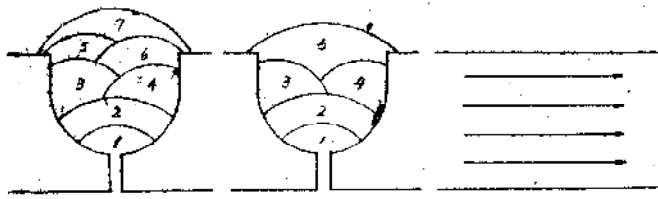
抗張力 kg/mm ²	伸び %	シャルピー	降伏点 kg/mm ²
47	33	14~17	35

2. 2 溶接法

溶接工は日本海事協会電弧溶接工技術試験合格者にて溶接はすべて下向溶接で行つた。

胴接手屈接手共に最上層以外のものは直線ビード溶接法をとつた。これは波状ビード溶接法に比し Deposit metal の収縮による Stress が小さく又溶接による熱影響が小さいと思われるからである。又最上層は波状ビードとなし十分に熱をもたせて下層のマルテンサイト組織化を防ぐ様に努めた。層の盛力は第 3 図、第 4 図に示す通りであつて各層共充分清掃したる後次の層を流した。ピーニングは行っていない。裏溶接は胴溶接に対しては 1 層盛にて行い鏡板溶接に対しては其の構造上行つて居ない。又板厚に比し比較的層数を細かくとつたのは其の止を流れる熱でもって焼鈍され易くする為である。然して溶接後はグラインダーにて其の波をとり平滑となし且つ気槽胴の曲面とも一致させ Stress の集中を避けると共に不良組織をも取り去る様にした。又層の流し方は第 5 図の如く第 1 層を溶接後第 2 層ビードを第 1 層ビードの起点に戻して行つた。

以下これと同じである。

第3図
胴溶接の盛方第4図
鉤板溶接の盛方第5図
層の流し方

3. 水 圧 試 験

気槽の溶接完了後 80kg/cm^2 にて水圧試験を行い各部検査せるも異常なし。次に 80kg/cm^2 を徐々に水圧を加え又徐々に水圧を減じて各圧力に於ける歪をダイヤルゲージにて測定した。この結果は直線的に増減してヒステリシスは起していない。

4. 第1回破壊試験

4. 1. 増 圧 方 法

先づ供試気槽に水を充填し次に燃料弁噴射試験用高圧ポンプをモーターにて駆動し高圧の重油を吐出せしめて増圧を行つた。

4. 2. 試 験 経 過

圧力と圧力上昇時間との関係は第2表に示す通りであつて圧力 240kg/cm^2 より 250kg/cm^2 に上昇する時間は他に比して格段の差がある。これはこの圧力に於いて容器が降伏点に達し塑性変形を起し始めた事を示唆するものであろう。途中 230kg/cm^2 に至りたる時歪量を計りたるに気槽の中央部に於いて溶接線と直角方向に約6耗の膨脹を認めた。尙も運転を継続する内、圧力が遂に 263kg/cm^2 になりたる時ボンと鈍く大きな音響を発し容器は破壊したのである。

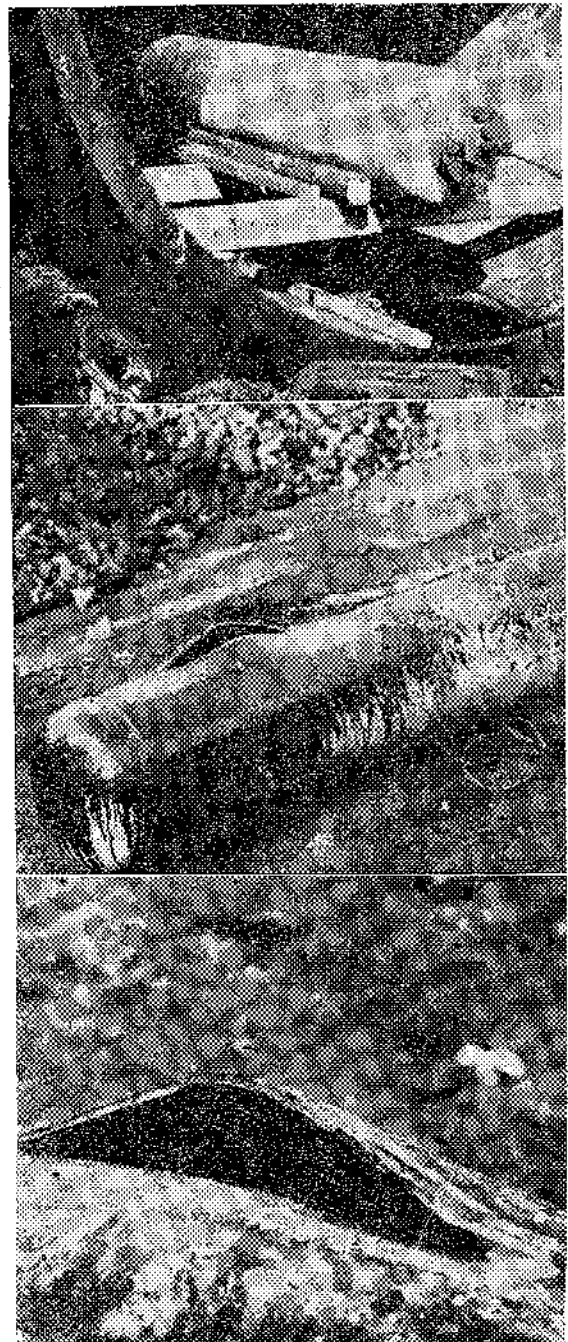
第3表 圧力と圧力上昇時間との関係

圧力 kg/cm^2	圧力上昇時間	備 考
200		
210	3分20秒	
222	3分50秒	
230	9分15秒	
240	8分25秒	
250	24分10秒	
263	7分40秒	破 壊

4. 3. 破 壊 状 況

破面の状況は丁度割れ目の中央に手を入れて両側に引き裂きたるが如き形状をなす。即ち写真第2及び第6図

の如く溶接線の中央より少しく偏位した処より裂目を生じ左右相称に縦に走りて母材に出ず。又破面を詳細に見る時写真第3及び第7図に見る如く裂目の中央部附近は粗き鋸物状破面を呈し両側は明瞭ではないが滑り模様を示している。又気槽内面を見るに裏溶接盛金の麓部に亀裂を生じ其の長さは破面右端より約600耗左端より約20耗に及ぶ。依つてこれを切断して其の破面の腐蝕試験を行つた。これを見ると表溶接と裏溶接との中心線が甚しく一致していな



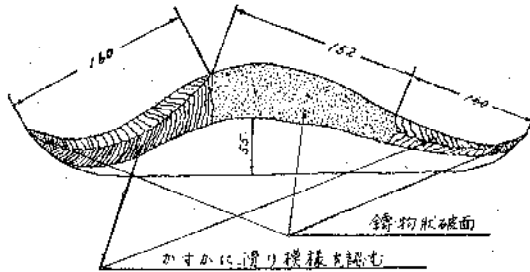
上より 写真第1 気槽破壊試験装置

写真第2 破壊状況

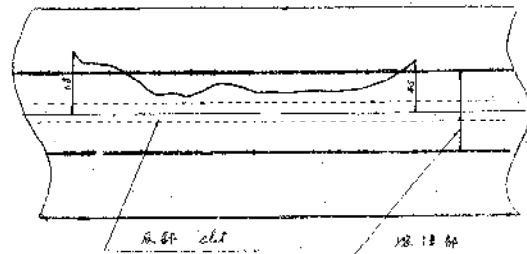
写真第3 破壊状況

い。即ち裏溶接の盛金量の少ない麓部と表溶接の強度の弱き底部の中心とが重なりたる為これが破壊の主なる原因となつたのであろう。以上破壊の状況より見て先づ内部裏溶接盛金麓部に亀裂を生じ引張応力と剪断応力の二

種類の主応力により破壊したるものであつて先づ裏溶接の最も不完全なる個処を引張応力により衝撃的に破壊せしめて鋳物状破面を生じ次に剪断破壊を生ぜしめたるものと推定する。



第7図 気槽破壊状況



第8図

5. 第2回破壊試験

前回の破壊試験に於いては気槽の内径が小なる為裏溶接作業に困難を来し従つて其の出来ばえに未だしの感があつた。又破壊は表裏溶接部の不一致点に起点を發しこれが破壊の主原因と考えられたのでこれを修正改良して更に第2回破壊試験を行う事とした。

5.1. 第1回気槽と第2回気槽との比較

a. 気槽の構造

裏溶接を容易ならしむる為内径を大にして全長を短かくした。

第4表 第1回気槽と第2回気槽
の構造上の相違

	胴の内径 (m/m)	胴の外径 (m/m)	全 長 (m/m)
第1回 気 槽	307	327	1734
第2回 気 槽	340	360	1446

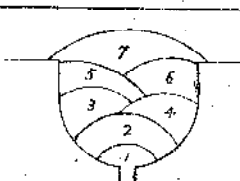
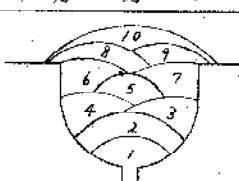
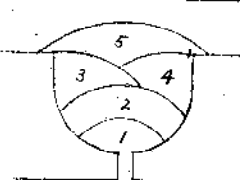
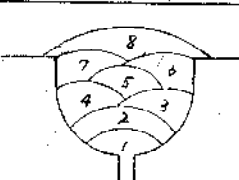
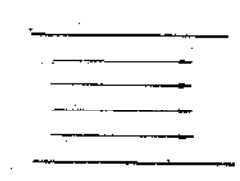
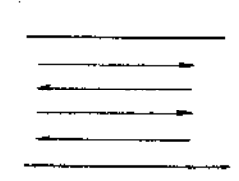
b. 層の盛方、流し方及び裏溶接に就いて

層の盛方及び流し方に就いての相違は第8図に示す通りである。

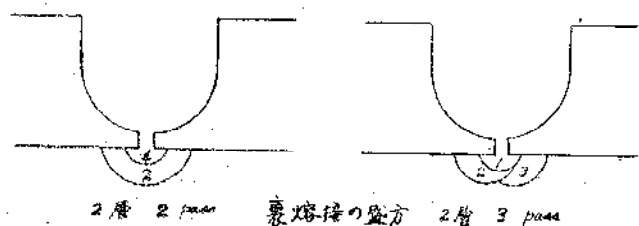
又裏溶接は特に注意を払つて行い第9図の如き半分は2層 2Pass 他の半分は2層 3Pass とした。そして溶接完了後ケガキにて表溶接の中心線を裏面にうつし其の一致を確めた。

然るに慎重なる作業にも拘らず2層 2Pass の部分に1箇所中心線より偏位し

て居る個所を発見した。依つてこの点をマークしておいた処果して後述の如くこの点が破壊の原因となつたのである。

	第 一 回 ク ン ツ	第 二 回 ク ン ツ
胴板溶接/盛方	 5層 7 pass	 6層 10 pass
鏡板溶接/盛方	 4層 5 pass	 6層 8 pass
胴板溶接層/流方		

第8図



第9図

5. 2. 試 験 経 過

使用器具、試験装置及び増圧方法は前回と全く同じである。破壊は内圧 259kg/cm² に達してより 8 分の後起つてゐる。又降伏点は内圧 170kg/cm² 附近に起つており計算とよく一致している。

5. 3. 破 壊 状 況

破壊の起点はかねて予期したる如く裏溶接の不良箇所より発生して居る。破壊状況は前回と全く同じでこの部分が衝撃的に引き裂かれて鋸物状破面を呈し次に溶接線に沿ひ剪断されて平滑なる滑面を示して居る。又試験に先立ちレントゲン試験にてブローホール 2 個処を発見して居たが破壊には何等関係はなかつた。

6. 機 械 的 諸 試 験

6. 1. 第 1 回 気 槽

第 5 表 母 材 材 料 試 験 成 績

名 称	テストマーク	降伏点kg/mm ²	実際 kg	抗張力kg/mm ²	伸 %	屈 曲
気槽胴	KA 1 A	29.0	18100	43.1	26.5	良
"	"	31.2	18450	43.9	25.5	"
"	KA 1 B	28.6	18050	43.1	26.5	"
"	"	29.4	18400	43.9	28.0	"
鏡 板	KT 1	27.5	19800	46.8	25.5	"

A 符号=圧延の方向

B // = 圧延と直角の方向 材質=KSB42P-S

第 6 表 溶 接 部 材 料 試 験 成 績

テストマーク	抗張力kg/mm ²	伸 %	屈 曲
KA 1 A (2)	48.5	27	良
KA 1 B (5)	49.0	27	"

第 7 表 母 材 化 学 分 析 表

C	Si	Mn	P	S
0.154	0.014	0.648	0.03	0.046

8. 結 言

前記 2 回の実験に於いて明かなる如く其の工作法に於いて最も重要な事は表裏面溶接線の一致という事である。計算によれば溶接部の周方向に於ける抗張力の減少

6. 2. 第 2 回 気 槽

第 8 表 母 材 材 料 試 験 成 績 材質=KSB42P-S

名 称	テストマーク	降伏点kg/mm ²	実際 kg	抗張力kg/mm ²	伸 %	屈 曲
気槽胴	H 1	29.3	16500	43.2	25	良
"	H 2	27.5	15620	43.3	28	"
鏡 板	K	28.9	18000	46.0	25	"

第 9 表 溶 接 部 材 料 試 験 成 績

	テストマーク	降伏点kg/mm ²	実際 kg	抗張力kg/mm ²	伸 %	屈 曲
	L	33.4	18700	47.7	29	良

は第 1 回気槽にては 18 % 減、又裏溶接に注意を払つた第 2 回気槽にては 8 % の減少となつてゐる。これは裏溶接の不完全さに起因するものであつてこれを完全にすることにより益々好結果を得られる事と思われる。然して第 2 気槽の裏溶接の欠陥が 2 層 2 Pass の部分にあらわれたに鑑み今後は 2 層 3 Pass にするのが安全である。又開先も更に広く且つ深くするのがよろしかろう。又裏溶接表面は波形をとつて平滑にし曲面と一致せしめて応力

の集中及び腐蝕の促進を避けしめる様にした方がよい。兎に角溶接気槽の製作に關し裏溶接を除いては大体に於いて所期の満足すべき成果を納め得た。即ち適当に設計され良質の材料を使用し優秀なる溶接技術者が慎重なる注意をもつて臨めば母材に対する材料的变化も少なく又気槽の常用圧力を 30kg/cm² として安

全率も 8 倍以上あり極めて安全にして実用上何等不安なき事を確め得る。然しこの種気槽は一旦間違へば多数の人命を殺傷するものであるから、いくら注意を払つても払い過ぎる事もなく工作、検査にあたつては常に周到なる注意と技術の改善に努めるべきであらう。

終りにのぞみ、本実験は阪神内燃機工業株式会社の小林、鈴木両部長の御指導を始めとし多数の人達の御協力と、特に株式会社金沢鉄工所の絶大なる御援助に負う処が甚だ大であつた事を附記し、茲に謝意を表する次第である。