



Title	ブローホール溶接欠陥の発生要因
Author(s)	鵜飼, 隆好; Ukai, Takayoshi; 高田, 寿明 他
Citation	北海道大學工学部研究報告, 161, 15-22
Issue Date	1992-10-16
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/42321">https://hdl.handle.net/2115/42321</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	161_15-22.pdf



## ブローホール溶接欠陥の発生要因

鵜飼 隆好 高田 寿明 竹生 博\*

(平成4年6月29日受理)

### On the Factors of Generating Blowhole Defects in Welding

Takayoshi UKAI, Toshiaki TAKADA and Hiroshi TAKOH

(Received June 29, 1992)

#### Abstract

In this study, the authors selected blowhole defects among the numerous defects in the welding process.

The experiments were carried out concerning these three factors;

1) amount of CO<sub>2</sub> shield gas, 2) the oxide scale in the surface of backing plate, and 3) the clearance between the base metal and the backing plate.

The results are summarized as follows;

(1) Numerous blowholes like "wormholes" appeared by less than 3 l/min CO<sub>2</sub> shield gas, and a limited number of small blowholes by more than 5 l/min.

(2) As for the effect of oxide scale on the surface, it caused many blowholes to generate as compared with polished backing plates, because of FeO is a composition of oxide scale.

(3) Less than 0.4 mm clearance between the base metal and backing induced a large number of blowholes. It appears to be because of the movement and escapement of CO gas in melted metal was prevented by minimal clearance.

#### 1. 緒 言

溶接技術は、基幹産業の材料加工分野において現在広く用いられている。溶接継手の強度は重要な問題であり、溶接施工時に発生する様々な溶接欠陥が溶接継手の強度に多大な影響を与える。本研究は、多くの溶接欠陥の中から特にブローホール欠陥に着目したものである。

ブローホールの発生原因は、継手の形式や溶接法の種類によってそれぞれ異なった傾向があるが、本研究においては特に溶接技術検定試験の裏当て金使用の中厚板突合せ溶接で、裏曲げ試験においてルート部に多発するブローホールの発生傾向を求め、その発生要因を特定することを目

的とする。溶接技術検定試験は、JIS に従って溶接技術者に免許を与えるためのものであり、溶接技術者は必ず受験して資格を得なくてはならない。検定試験の規定ではブローホールとは曲げ試験の際に確認される気孔欠陥とされている。そこで、本研究ではブローホール検出の際、運用上ブローホールの直径 0.3 mm を限界として取り扱うことに基づき、直径 0.3 mm 未満と 0.3 mm 以上のブローホールに分けて数えることにする。

ブローホールとは、溶接継手部に生じる気孔欠陥の総称であり、発生場所によって、ブローホール (blowhole)、ウォームホール (wormhole)、ピット (pit) に分類される<sup>1)</sup>。また、ブローホールの発生原因としては、溶融金属中に生成した、H, N, O, CO などによるもの、シールドガス CO<sub>2</sub> の巻き込みによるもの、大気中の N<sub>2</sub> の巻き込みによるものなど多数ある。

鋼の溶接では一般的にブローホールの発生は、溶融金属中の CO によるものが多い<sup>2)</sup>とされているが、本研究では、ブローホール発生要因として以下の 3 点に着目して実際に溶接を行い裏曲げ試験によってブローホールの検出を行い、それぞれについて発生傾向を特定し整理した。

- (1) シールドガス不足
- (2) 溶接継手部のスケール (黒皮)
- (3) 裏当て金母材間隙間

溶接技術検定試験において発生するブローホールの原因としては、(1) は実際あまり考えられないが、ここでは(2), (3)の実験の条件選択を兼ねて(1)を確認する。また、溶接時の溶け込み形態がブローホールの生成に関係している可能性があるため試験片の断面形状を確認する目的でマクロ組織試験を行った。

## 2. 試験片及び実験

### 2-1 試験片及び装置

本研究では、一般に広く用いられている半自動の炭酸ガスアーク溶接機トーチを送り装置に取り付けて自動化した実験装置を用い、溶接電流、電圧、速度などを一定の条件で溶接できるようにした。試験片としては、溶接技術検定試験の

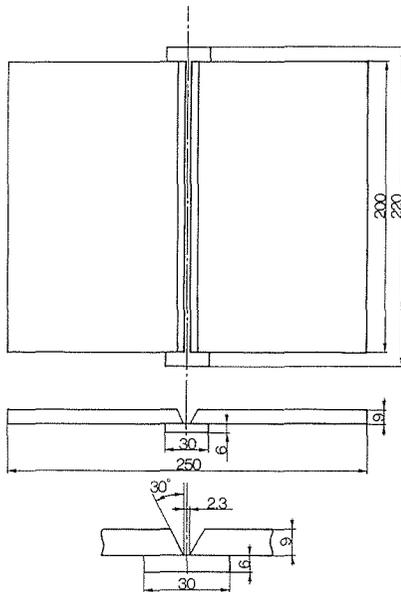


図-1 試験片寸法

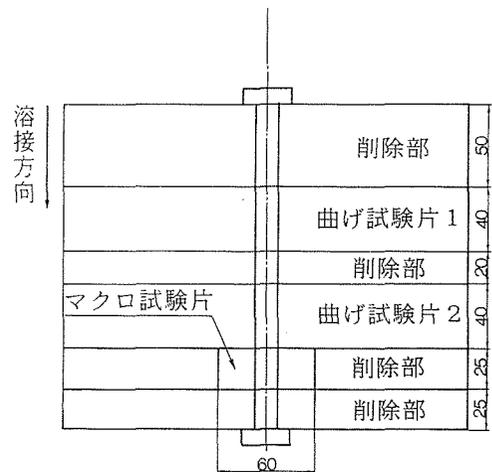


図-2 試験片切り出し位置

裏当て金使用中厚板突合せ溶接試験で使用するものを採用した。材料は一般構造用圧延鋼材 SS 400 であり、各部寸法は図 1 に示す。

溶接終了後に試験片から、2 片の曲げ試験片と 1 片のマクロ試験片を図 2 のように切り出し、双方の試験片に裏曲げ試験を施し、試験片のルート部付近に発生したブローホール数を直径 0.3 mm 未満と 0.3 mm 以上に分けて数え、またマクロ試験を行い、裏当て金母材間隙間の変化による溶け込み形状の変化を観察した。

本研究で変化させる条件は、前述の 3 点であるが、実験 1 で(1)を確認し、実験 2 で(2)、(3)を確認することにする。

## 2-2 実験 1

溶接条件を、表 1 に示す。

表-1 溶接条件 1

溶接電流	溶接電圧	溶接速度	黒皮	裏当て金母材間スキマ
200 A	24 V	0.47 cm/s	アリ	0.0 mm

炭酸ガス流量は、3, 5, 10, 15, 20(l/min)の 5 種類に変化させた。ブローホール数は直径 0.1 mm 以上のものについて数えた。

## 2-3 実験 2

溶接条件を、表 2 に示す。

表-2 溶接条件 2

溶接電流	溶接電圧	溶接速度	炭酸ガス流量
200 A	24 V	0.47 cm/s	10 l/min

裏当て金の黒皮については、表面処理をせず黒皮のままのものと、黒皮をグラインダなどで削除したものを用意し、裏当て金母材間隙間は、0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.8, 1.0(mm)の 8 段階に変化させたが、この裏当て金母材間隙間を正確に与えるためには、仮止め用治具が必要である。図 3 は試験片を仮止め用治具に装着した状態の図である。仮止め用治具に掘った溝に裏当て金を置き、その上に隙間材ゲージとして SK 4 の板を置き、母材を置いて締め付け、仮止め溶接を行う。これによって、隙間材の厚さに応じた隙間が得られるようにする。

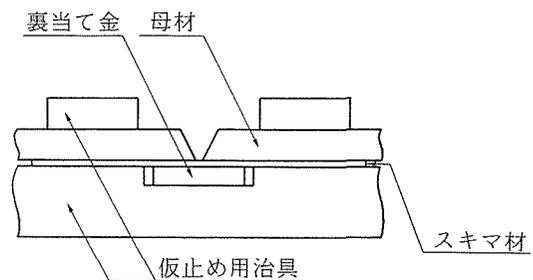


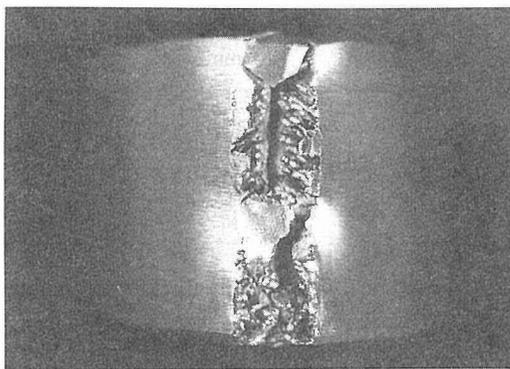
図-3 仮止め状態

### 3. 実験結果及び考察

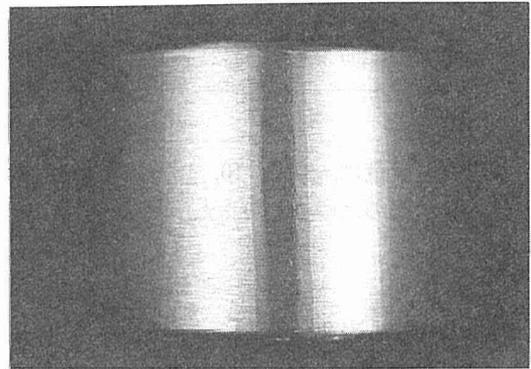
#### 3-1 ガス流量について

前述のように炭酸ガスアーク溶接では、シールドガス不足のためにブローホールが発生する場合があるが、図4に示す曲げ試験片写真によると、炭酸ガス流量が3(l/min)では試験片の破断が発生し、5(l/min)以上で発生する微小なブローホールとは形の異なるウォームホール状のブローホールが発生している。一般に炭酸ガス流量不足ではウォームホールが発生し、10(l/min)以上で発生するブローホールとは発生原因は異なるものと考えられる。

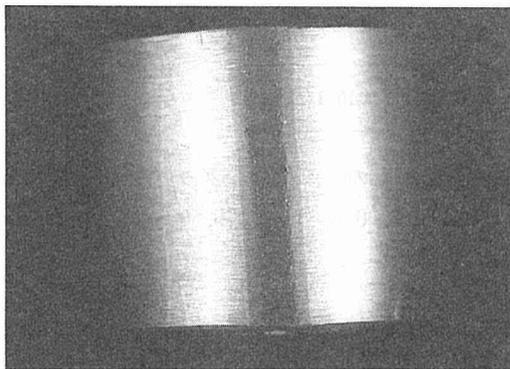
図5に直径0.1 mm以上のブローホール数と炭酸ガス流量の関係を示すが5(l/min)以上では裏曲げ試験でルート部に確認されるブローホール数はほぼ同数であった。この結果から、ガス流量の適正值は5(l/min)以上と考えることができ、実験2ではガス流量として10(l/min)を用いた。



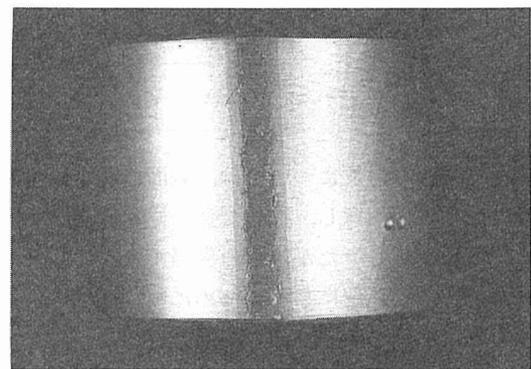
(1) 炭酸ガス流量 3 (l/min)



(2) 炭酸ガス流量 5 (l/min)



(3) 炭酸ガス流量 10 (l/min)



(4) 炭酸ガス流量 20 (l/min)

図-4 曲げ試験片写真

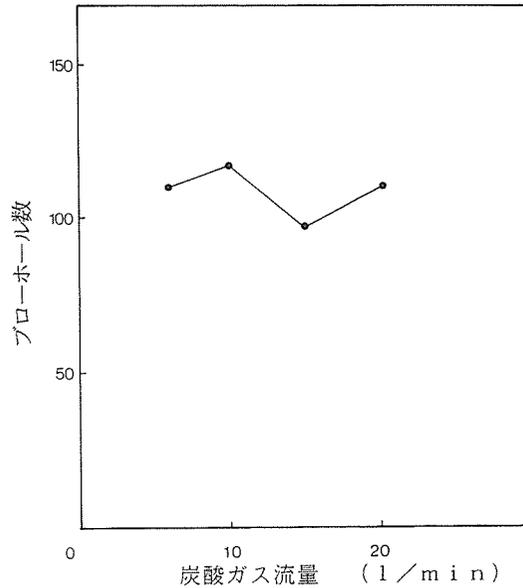


図-5 ブローホール数と炭酸ガス流量の関係

### 3-2 黒皮と隙間の大きさについて

図6～図8は、曲げ試験片1についての実験結果である。図6によると、直径0.3mm未満のブローホール数は、黒皮の有無に関わらず双方とも裏当て金母材間隙間が0.4mm以下で急増するが、黒皮アリの方がブローホール急増の割合が大きくなっている。図7によると、直径0.3mm以上のブローホール数も裏当て金母材間隙間が0.4mm以下で急増し、黒皮アリの試験片のデータの方が黒皮ナシの試験片のデータをわずかに上回るが、図6に比べて大きな変化はない。

図9～図11は、曲げ試験片2についての実験結果である。これは曲げ試験片1の結果とほぼ同じ傾向を示しているが、全体的なブローホール発生数は曲げ試験片2の方が多くなっている。

黒皮アリの試験片の方がブローホール発生数が増加する理由としては、黒皮の成分であるFeOが考えられるが、その説明の前にまず炭酸ガスアーク溶接における反応について述べる。

通常、CO<sub>2</sub>は高温で



のように解離する。このCO+Oの雰囲気中に熔融鋼が存在すると



の反応が起こる。鋼中のCがFeよりもO<sub>2</sub>と結び付きやすいので



の反応が起こり、式(1)、(3)に生じたCOガスが凝固時に金属中に閉じ込められブローホールが発生することがある。これが炭酸ガスアーク溶接におけるブローホールの発生原因の一つになっている。

黒皮がある場合は、式(2)によらずにFeOが存在することになり、その結果式(3)から黒皮ナシの場合よりもCOガスが多く発生し、ブローホール数が増加するものと考えられる。

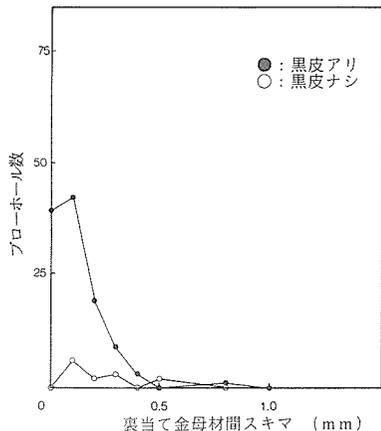


図-6 曲げ試験片 1 の直径  $0.3\text{ mm}$  未満のプロローホール数と裏当て金母材間隙間の関係

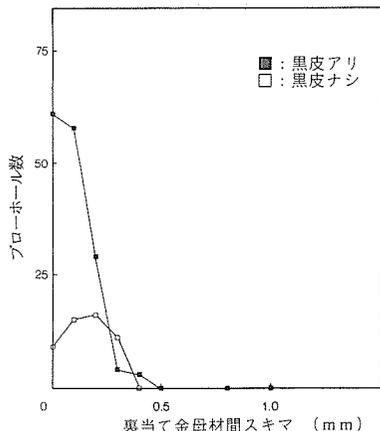


図-9 曲げ試験片 2 の直径  $0.3\text{ mm}$  未満のプロローホール数と裏当て金母材間隙間の関係

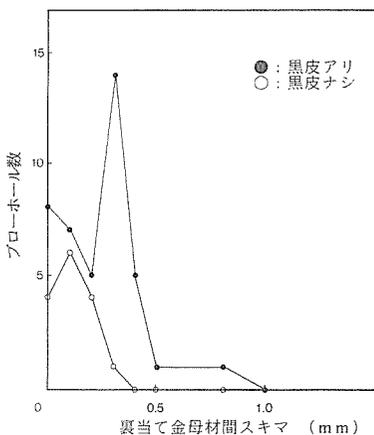


図-7 曲げ試験片 1 の直径  $0.3\text{ mm}$  以上のプロローホール数と裏当て金母材間隙間の関係

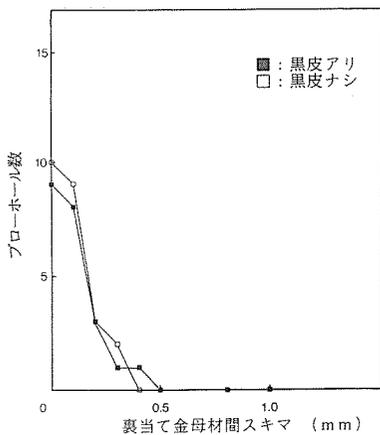


図-10 曲げ試験片 2 の直径  $0.3\text{ mm}$  以上のプロローホール数と裏当て金母材間隙間の関係

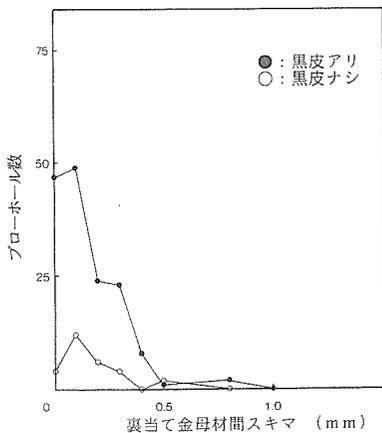


図-8 曲げ試験片 1 のプロローホール数と裏当て金母材間隙間の関係

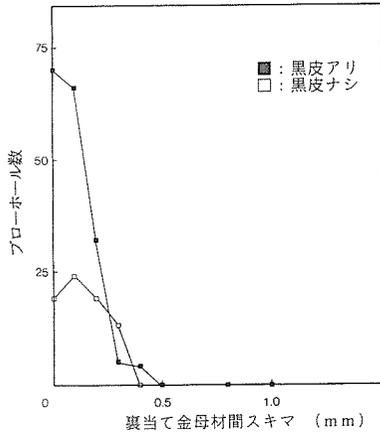


図-11 曲げ試験片 2 のプロローホール数と裏当て金母材間隙間の関係

次に、裏当て金母材間隙間が0.4 mm 以下におけるブローホール発生数の急増の理由については、溶け込み形態の変化が影響を与えていると考えられるので、マクロ試験結果を含めて考察した。マクロ試験片によると、隙間の大きさによる溶け込み形態の変化は図12のようになる。裏当て金母材間隙間を変化させた場合、隙間0 mm では裏当て金への溶け込みはあるが、隙間はないので隙間への溶融金属の侵入はないが、隙間が大きくなるにしたがって溶融金属の隙間への侵入が確認できる。隙間0.5 mm 以上では特に明らかである。

溶融金属中に発生するCOガスは、黒皮の有無による違いはあるが、各グループの試験片では同じと考えられ、ブローホール数の変化は溶融金属中のCOガスの抜け等の動きが裏当て金母材間

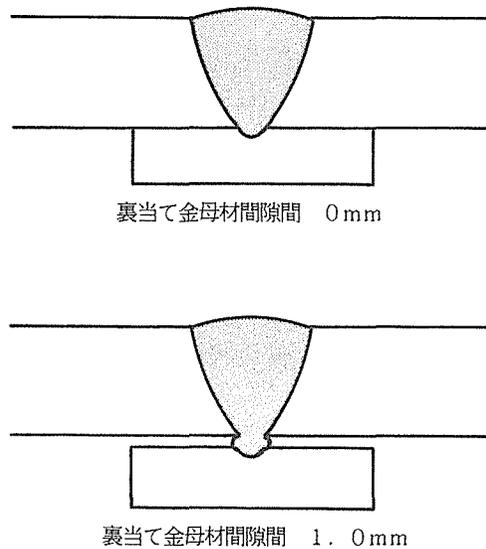


図-12 溶け込み形態の変化

隙間の大きさを変化させた場合で異なるためと考えられる。

隙間がない場合裏当て金付近のブローホールが残らないためにはCOガスは、

- ・ 溶接ビード上部から外気中に放出される。
- ・ 溶接ビードの内部でブローホールになる。

の2通りだが、隙間が大きい場合は、上記の他に溶融金属中に発生したCOガスの動きとしては次の2通りの可能性がある。

- ・ 隙間から外気中にCOガスが放出される。
- ・ 隙間の裏波部分にブローホールが発生している。

この何れかの理由によって、裏当て金母材間隙間が0.5 mm 以上ではブローホールの発生がほとんど見られなくなるものと考えられる。

### 3-3 試験片切り出し位置による影響

曲げ試験片1と曲げ試験片2を比較した場合、ほとんどの場合曲げ試験片2のブローホール発生数が曲げ試験片1の発生数を上回るという傾向がみられる。この理由としては、溶接が進むに

連れて、裏当て金と母材が融合するが、熱による裏当て金の変形が生じるため後半部において徐々に裏当て金母材間隙間が小さくなることによって生じる現象と考えられる。

#### 4. 結 論

本研究においては、裏当て金使用の突合せ溶接におけるブローホールの発生要因の検証を行ったが、結論としては以下の3点にまとめられる。

- (1) 炭酸ガス流量不足のときはウォームホールの発生がみられ、黒皮や裏当て金母材間隙間によるブローホールとは異なるものである。
- (2) 裏当て金表面の黒皮は直径0.3 mm未満の微小なブローホールの発生原因になる。
- (3) 裏当て金母材間隙間が0~0.4 mmの時に発生したブローホールは、裏当て金母材間隙間が0.5 mm以上では発生しなかった。その発生要因は溶接金属中のCOガスが裏当て金母材間隙間の大きさによって異なる動きをするためである。

以上のように、裏当て金母材間隙間と裏当て金表面の黒皮は、母材裏側表面のブローホール生成に大きな影響を与えることが明らかになった。しかし、裏曲げ試験によるブローホールの検出は、試験片の表面部分に発生したブローホールに限られており、試験片の内部での発生状況が不明であり、また裏曲げ試験を行う際に裏当て金及び表ビードは削り落とさねばならないから、裏当て金の溶着部分や裏波部分におけるブローホールの発生状況が不明であるというような問題点がある。マクロ試験では検出されなかったが、この問題の解決には、曲げ試験だけではなく、ほかの非破壊試験を併用して溶接部全体のブローホールについて調べていく必要がある。

#### 参 考 文 献

- 1) 辻 健 著 溶接
- 2) 溶接学会 編 溶接便覧