
高炉大ベル新溶接肉盛法

A New Technique for Hard-facing BF Large Bell

服部 源二(Genji Hattori) 和気 利明(Toshiaki Wake) 篠原 宏之(Hiroyuki Shinohara)

要旨：

高炉の炉頂装入設備の大ベルの表面には、耐摩耗対策として、硬化肉盛を実施している。大ベル円錐形状であり、その表面が傾斜しているため、従来、溶接肉盛は大型のポジショナーを使用したサブマージーク溶接法が一般的である。この溶接方法は溶接機が 1 台、または 2 台しか使用できないため能率が悪く、また、溶接作業が高所となり作業が悪い。そして装置のコスト也大ベルが大型化するにつれて高くなる。これらの欠点を解消した水平ターニングテーブルを使用した新しい溶接方法を開発した。また、使用する溶接材料については硬度アップをはかった溶接材料の開発を行い、水島製鉄所 4 高炉大ベルに適用した。

Synopsis：

To prolong the life of blast furnace charging apparatus such as bell and cup by hard-facing, submerged arc weldig has been usually adopted by using large-type positioner. In this method, work efficiency is low, because operators can use only one or two welding machines at one time and they have to work at an elevated spot, which lowers workability and raises positioner manufacturing cost. For these reasons, new welding method has been developed using a horizontal turning table and special welding manipulators. In this way, a multi number of welding machines can be operated simultaneously. The authours also investigated several materials for hard-facing and developed a suitable material which has been adopted to No.4 blast furnace large bell in Mizushima Works.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

高炉大ベルの新溶接肉盛法

A New Technique for Hard-facing BF Large Bell

服 部 源 二*
Genji Hattori

和 気 利 明**
Toshiaki Wake

篠 原 宏 之***
Hiroyuki Shimohara

Synopsis:

To prolong the life of blast furnace charging apparatus such as bell and bell cup by hard-facing, submerged arc welding has been usually adopted by using large-type positioner. In this method, work efficiency is low, because operators can use only one or two welding machines at one time and they have to work at an elevated spot, which lowers workability and raises positioner manufacturing cost.

For these reasons, new welding method has been developed using a horizontal turning table and special welding manipulators. In this way, a multi number of welding machines can be operated simultaneously.

The authors also investigated several materials for hard-facing and developed a suitable material which has been adopted to No.4 blast furnace large bell in Mizushima Works.

1. 緒 言

高炉炉頂装入設備の大ベル製作工事は、炉の寿命を左右する重要な工事である。

大ベルの製作工程は、大ベル素材製作（鋳造）→熱処理→機械加工→表面の溶接肉盛→熱処理→機械加工である。

その中で、特に重要な大ベル表面の溶接肉盛法について、従来の施工方法を改善し、また、溶接材料についても、新規材料を開発したので報告する。

2. 大ベル溶接肉盛方法の検討

2・1 大ベルの仕様

大ベルの概略寸法を Fig. 1 に示す。

大ベルのおもな仕様は次の通りである。

- (1) 外形寸法：径： $\phi 8\,400\text{mm}$ 、高さ： $4\,000\text{mm}$
- (2) 大ベル本体材質：SC 49
- (3) 全重量：120t
- (4) 溶接肉盛重量：4.5t

装入原料は、大ベルとベルカップの間に堆積し大ベルの下降により、定期的に炉内に供給される

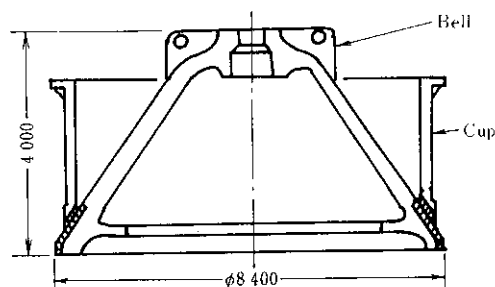


Fig. 1 Bell and cup setting

* 水島製鉄所保全全部部長

** 水島製鉄所保全全部保全技術室主査（課長）

*** 水島製鉄所保全全部保全技術室主査（掛）

〔昭和57年5月8日原稿受付〕

したがって、大ペルの表面は、その都度、鋳石類により摩耗し、この摩耗量が大ペルの寿命を左右する。このため大ペルの表面には、溶接による硬化肉盛が施してある。

2.2 従来の溶接法

大ベル表面溶接肉盛の従来方法として、ポジショナーを使用した方法を Fig. 2 に示す。

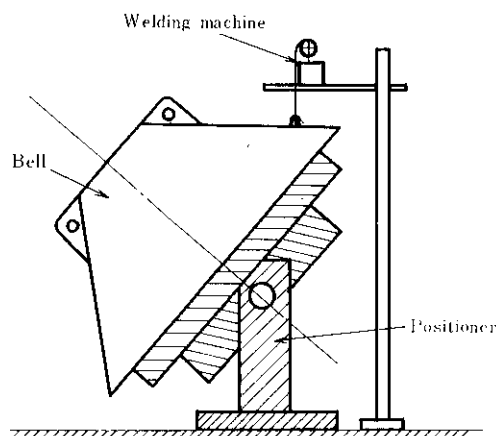


Fig. 2 Positioner method

この方法の問題点としては、

- (1) 溶接機が、同時に 1 台、または 2 台しか使用できないため、能率が悪い。
- (2) 溶接の作業が高所となり、作業性が悪い。
- (3) ポジショナーの製作費が高価である。

があげられる。

しかしながら、この方法は、大ペルをポジショナー（傾動装置と回転装置を具備した専用機器）の中心に固定し溶接アークが下向きとなるので、安定した溶接が可能である。

予熱は大ベル下半面をガスバーナにて、所定の温度に加熱する。

一方、サブマージアーク溶接機 1 台、または 2 台をポジショナーとは別に設けた架台の上に設置し、溶接する。

2.3 新規溶接法

従来溶接法の問題点を解決するために、Fig. 3 に示す様な新規溶接法を採用した。

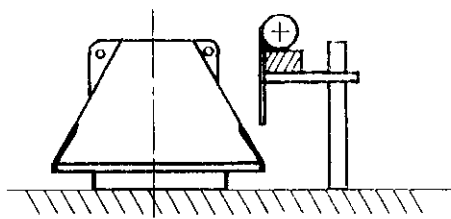


Fig. 3 Turning table method

水平ターニングテーブル方式は、大ペルを水平ターニングテーブル上に設置し、ターニングテーブルのまわりには、3～4 台のサブマージアーク溶接機を配列する。そしてターニングテーブルを溶接速度に見合った速度で回転させ、同時に 3～4 箇所の溶接を実施する。

なお、大ベル表面は、溶接部以外の部分を断熱材で覆い保温し、十分な予熱温度を確保した。

施工に際し、以下のような点を特に配慮し、最適溶接条件および溶接材料を選定した。

- (1) 溶接面が水平面から 53° 傾斜しているため、溶着金属が流れないようにし、母材への十分な溶込みを確保すること。
- (2) 大ペルの熱膨脹、収縮による大ペルの動きに追従した、ノズルのねらい位置の調整が必要である。

3. 実験結果

3.1 溶接条件の決定

大ベル肉盛部の形状は Fig. 4 に示す様に、円周上に溶接金属のはくり防止をはかるために、溝を設けている。

溶接機はサブマージアーク溶接機を使用した。溶接条件は、溝部溶接の場合と、 53° 傾斜面を溶接する場合とでは異なるが、溝部溶接に際しては、下向き溶接となり、特に困難ではない。

53° 傾斜面への溶接について、最適溶接条件を Table 1 に示す。

ここで特に注意を必要とするのは、ノズル角度および、ねらい位置である。

例えば、ねらい位置が変わり、ノズルが母材側へ移動した場合は、母材との溶込みは良いが、下層の

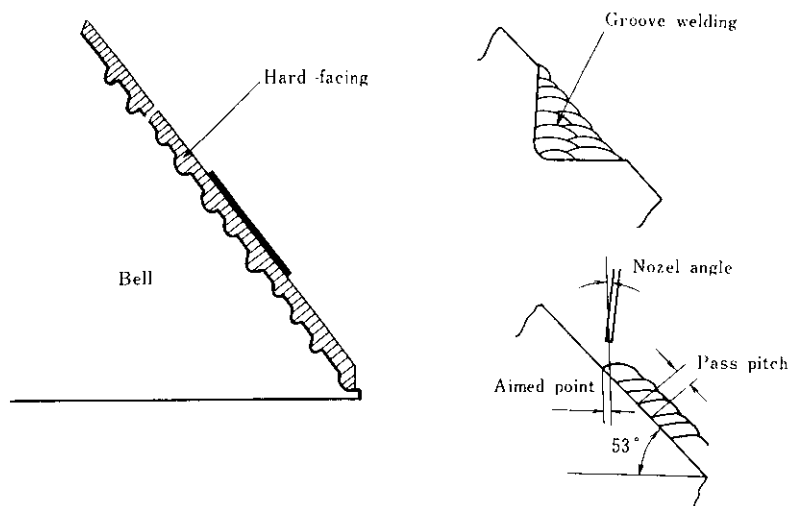


Fig. 4 Detail of hard-facing

Table 1 Welding condition

Welding method	Submerged arc welding
Wire dia	φ4
Current	400~450 A
Voltage	30~35 V
Pass pitch	3.1mm
Welding speed	43~47 cm/min
Preheating temperature	300~350°C
Nozzle angle	10°
Aimed point	1~1.5mm

溶着金属とのなじみが悪くなり、はくりが発生する。予熱温度については、溶着金属の硬度が高いため、所定の温度より低くすると、割れが多くなり、はくりしやすくなる。

3・2 溶接材料の改善

成分および硬度を Table 2 に示す。

Table 2 Composition and hardness of welding material

Material	Composition (%)					Hardness (Hs)
	C	Cr	Si	Mn	Others	
①	2.2	21.4	1.3	1.8	—	60~64
②	2.7	25.2	1.5	1.6	—	72~75
③	5.0	20.9	0.8	0.5	Nb, W, V	91~97

①、②、③各溶接材料について溶着金属の性状調査、耐摩耗試験および打撃衝撃試験を実施した。①材料²⁾は従来から使用していた材料である。

3・2・1 溶着金属の性状

(1) ②材料

成分的には、C、Cr量を①材料よりも上げ、硬度を向上させることにより、摩耗寿命の延命化をはかったものである。溶接角度の違いによる割れ状況の違いについて Fig. 5 に示す。53°傾斜と水平を比べた場合、割れ方向性が異なるが、溶込状態については差異はなく良好であり、はくりに結びつくような割れは皆無であった。

なお割れ方向性が、溶接角度により異なるのは、母材および下層の溶着金属の溶接時の温度分布が異なるためである、と考えられる。

(2) ③材料

C量を高くし、その他Cr、W、V、等を添加させ、炭化物を析出させることにより、高硬度にし

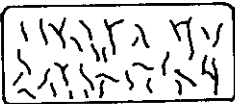
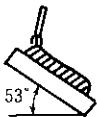
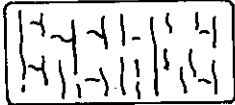
Welding angle	Crack pattern	Surface roughness
		
		

Fig. 5 Welding condition of ② material

たものである。したがって耐摩耗性については優れていると、考えられる。溶接結果、割れのピッチが微細であり、衝撃により、一部脱落現象が生じた。

(3) ①材料

割れ状況について、前述②材料と、ほぼ同様の性状を呈した。

3・2・2 摩耗試験結果

Fig. 6に示す様に鉾石類を入れた容器の中で、溶接肉盛を施した試験片を所定の時間回転させ、摩耗量を測定する方法にて、摩耗試験を行った。

試験材料として、①および②材料を使用した。その結果をFig. 7に示す。わずかに②材料の方が優れている。

3・2・3 衝撃試験

試験方法はFig. 8に示す。丸棒を200mm高さまで上げ、丸棒の自重(45kg)で、試験片表面を打撃するようにしている。

試験片は①、②2種類を使用し、2000回繰返し

試験を行った。いずれの材料も、割れの進行、およびはくり現象は見られなかった。

その他、実機使用試験として②材料を肉盛りし

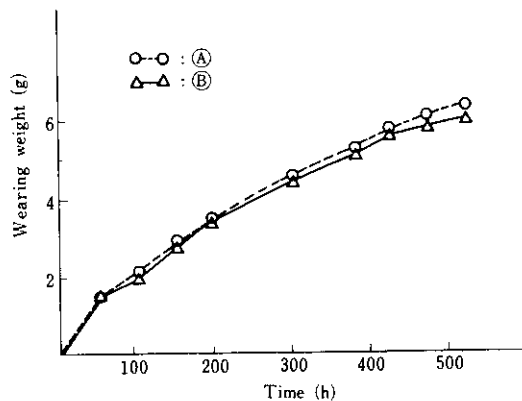


Fig. 7 Wearing test result

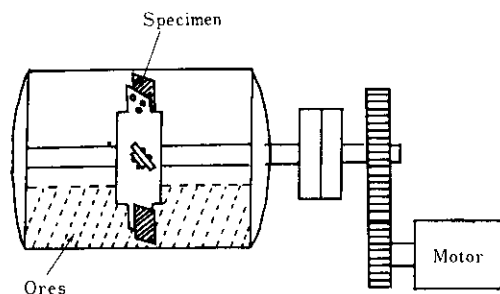


Fig. 6 Wear test machine

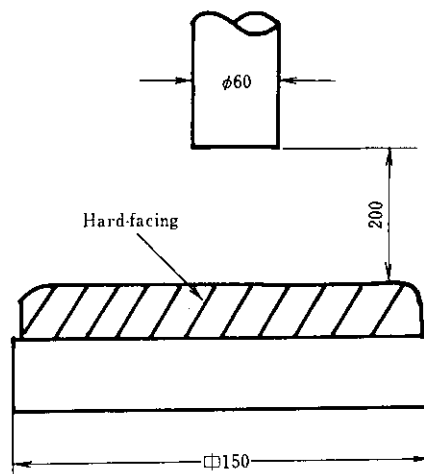


Fig. 8 Impact test

た鋼板を実稼動高炉の、大ベル上に取付け、一定期間使用した。その結果、特に異常も無く、摩耗状況も良好であった。

以上の結果より、総合評価して⑧材料を適用することにした。

4. 実施工

実施状況を Fig. 9, および Photo. 1 に示す。

4.1 施工概要

- (1) 大ベルをターニングテーブルの中心に設置する。
- (2) 溶接機は大ベルの周りのマニプレータの上に4台設置する。なお常時使用する溶接機は3台とし、1台は予備とする。
- (3) ターニングテーブルの回転速度は、溶接部の速度が43~47cm/minとなるようにした。
- (4) 予熱は、大ベル下部周辺にプロパンガスによ

る予熱バーナを設け、常時300~350°Cに保持できるようにした。また、大ベル上部からの熱放散を防止するために、断熱材にて大ベル上部を覆った。

(5) 溶接完了後、炉内にて応力除去焼鈍を実施した。焼鈍条件は $625 \pm 25^\circ\text{C}$ にて6時間保持とした。

4.2 施工上の問題点

(1) フラックスの落下防止対策

53°傾斜面に対する溶接条件は、Table 1に示した。サブマージアーク溶接に際しては、フラックスにて溶着金属を覆っており、フラックスの落下防止対策を行うことにより、安定したビード形状が得られる。そのため大ベルの移動速度と同速度で動くコンベア式のフラックスを受けを設置した。Fig. 10にその状況を示す。

(2) 大ベル回転時の芯振れ対策

大ベル溶接時、ターニングテーブルと大ベル芯出し誤差、および、熱膨張の影響によりアーク面が4~5mm振れるため溶接面の振れにノズルが追従できるように、倣い装置を設置した。(Fig.10参照)

(3) 溶接能率の向上

溶接能率を上げるために同時に3台の溶接機を

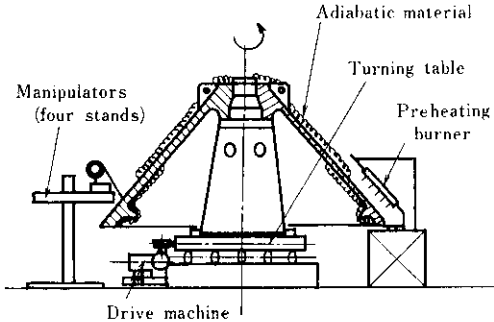


Fig. 9 Operating condition

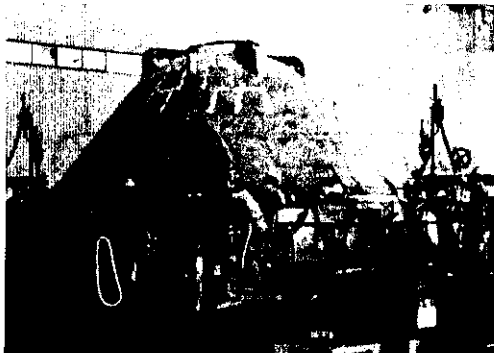


Photo. 1 Welding scene

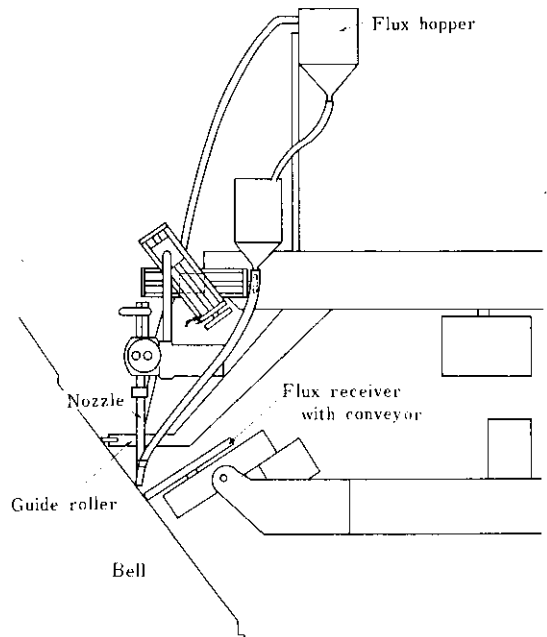


Fig. 10 Welding equipment

使用するようになっているが、その分担を、**Fig. 11**に示す。すなわち、①1号機は、溝部の溶接を行う。②2号機は、傾斜面1層目の溶接を行う。③3号機は、傾斜面2層目の溶接を行う。

以上のように、溶接施工法の検討、および実験結

果にもとずき、実施工した結果、ターニングテーブル方式により、大ベル肉盛を完遂することができた。

5. まとめ

大ベルの表面硬化肉盛法として、従来より実施されていたポジショナー方式に代ってターニングテーブル方式を採用した。

その結果、53°傾斜面に対する溶接技術を確立するとともに能率向上、および、コストダウンを可能にした。また、溶接材料についても、従来から使用している材質を改良した。

終りに、実験および実施については、特殊電極(株)と当社の協同により行われたものであり、関係各位の協力に、感謝の意を表します。

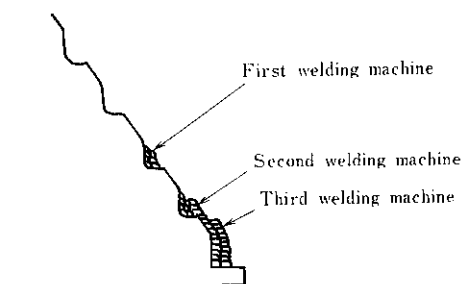


Fig. 11 Allotment of welding machines

参 考 文 献

- 1) E. Offergeld : Welding and Metal Fabrication, (1975) 10, 592
- 2) Stellite Hard-Facing Products, (1971), 6-7 [Cabot Corporation]