

## 電気炉二次側導体の改造

## Improvement of Secondary Conductor in Electric Arc Furnace

東北スチール(株) 製造部 阿部 智彦\*  
 企画管理部 佐藤 順治  
 製造部 山中 啓充  
 (株)岩国製作所 産業機械部 川崎 信義

## 1. 緒言

当社は、電力費の安価な夜間帯の生産性向上を目的として、これまで、昭和63年に電気炉の炉底出鋼化及びトランスの更新、平成2年に炉蓋旋回昇降の油圧化によるスピードアップ及び電極昇降のVVVF化を実施した。更に平成3年3月には、電気炉の二次側導体の更新及びその他の付帯工事を実施した。

今回は、電気炉二次側導体の更新により、大幅な生産性の向上が得られたので、その内容について報告する。

Table.1 Specification of E A F

## 2. 電気炉設備の概要

当社の電気炉設備の概要をTable.1に示す。

Maker	I H I
Capacity	5 0 t
Trans capa.	3 5 0 0 0 KVA
Shell dia.	5 3 0 0 φ
Tapping type	E B T

## 3. 二次側導体の改造について

## 3-1. 改造の基本思想

今回の改造における基本的な考え方は、電気炉のインピーダンスを小さくすることにより電力の投入効率をアップさせ、生産性を向上させることである。Fig.1に改造前後の電気炉上の二次側導体の断面図を示す。

電気炉のインピーダンスは以下の式で表される。

$$Z = R + j X \quad (1) \quad X = \omega L' = 2 \pi f (L - M) \quad (2)$$

$$L = 2 \ell (1.0 \log_e 2 \ell / D - 1) \quad (3)$$

$$M = 2 \ell (1.0 \log_e 2 \ell / D' - 1) \quad (4)$$

ここに Z : インピーダンス R : 抵抗 X : リアクタンス  
 $\omega$  : 角速度 f : 周波数  
 L' : インダクタンス L : 自己インダクタンス  
 M : 相互インダクタンス  $\ell$  : 導体全長  
 D : 自己幾何学的平均距離 D' : 相互幾何学的平均距離

(1)~(4)式より、インピーダンスを小さくする為には、

①抵抗Rを小さくする。

②自己インダクタンスLを小さくする。(自己幾何学的平均距離Dを大きくする)

③相互インダクタンスMを大きくする。(相互幾何学的平均距離D'を小さくする)

等があげられる。

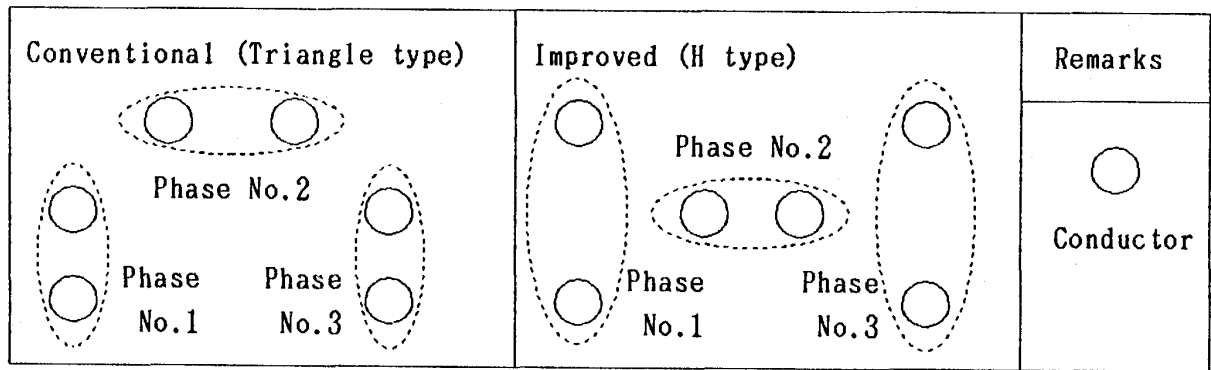


Fig. 1 Layout of conductors above E A F (Cross section)

3-2. 改造仕様

今回の改造仕様をTable. 2に示す。

その内容は以下の通りである。

① 炉上円型母線

a. リアクタンスXの低下

(3)式における自己幾何学的平均距離Dが大きくなるように円形母線径を太くし、端相の線間距離を拡大するとともに各相間の配置を三角型からH型に変更した。

b. 抵抗Rの低下

材質を脱酸銅鋳物から、無酸素圧延銅とし、且つ溶接箇所を少ない構造とした。

② 電極

a. リアクタンスXの低下及びスクラップの溶残り防止対策

(4)式における相互幾何学的平均距離D'が小さくなるように、電極を3°傾斜タイプから垂直タイプに変更するとともに、ピッチサークルを小さくした。

b. 抵抗Rの低下

電極サイズを18inchから20inchにアップした。

③ ターミナルヘッド

ターミナルヘッドは、接触抵抗の低減及び電触防止の目的で、Al製からCu製に代え、その接触面積は可能な限り大きくとった。

④ 水冷ケーブル

抵抗を小さくする為、長さを短くした。(EBT化により傾動角度が減少したことより可能となった。)

Table. 2 Specification of secondary conductor

Item	Conventional	Improved
1. Conductor above the furnace Size Layout	75φ/100φ Triangle	110φ/140φ H type
2. Electrode Size Slant	18 inches 3°	20 inches Vertical
3. Material of terminal head	Aluminum	Copper
4. Length of water cooling cable	9 m 10 m	8.7 m 9.2 m
5. Number of oil burner in E A F	4	5

⑤助燃バーナー

助燃バーナーは、Fig. 2 に示す様に1本追加し、配置も変更して均一溶解をはかった。

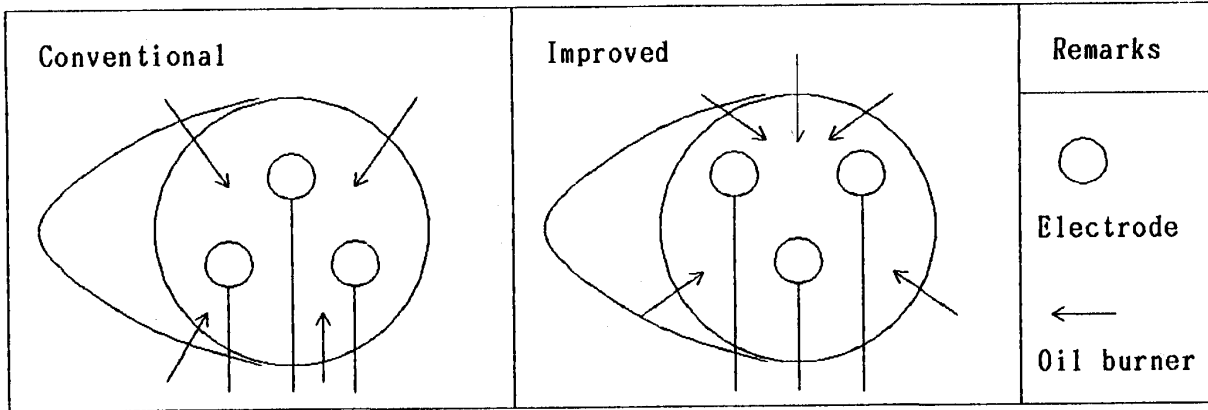


Fig. 2 Layout of electrodes and oil burner in E A F

4. 結果及び考察

4-1. 改造前後におけるインピーダンスの変化について

改造の効果を最も簡単に把握する方法としては、改造の前後でそれぞれ短絡試験を行なって、その静的インピーダンスを測定することである。しかし、当社のトランスは、昭和63年に更新した時に最低タップ電圧を360Vにアップしており、仮にタップ電圧360Vで短絡試験を行なうと、約90KAの短絡電流が流れると推定され、トランス及び二次側導体の最大許容電流50.5KAを大幅に上回る為短絡試験を行なうことは、不可能であった。

そこで、トランス更新前の低タップ(160V)で実施した短絡試験の結果をベースとして、その後の種々の改造によるインピーダンスの変化を計算で求めて今回の計画値を導いた。

また、電気炉の操業中の各相の電流、電圧、電力をチャートに採り、このチャートから動的インピーダンスを算出し、動的インピーダンスと静的インピーダンスの比をトランス更新前と変化なしとして静的インピーダンスを算出した。その結果として Fig. 3 に抵抗の変化、Fig. 4 にリアクタンスの変化、Fig. 5 にインピーダンスの変化を示す。(注; Fig. 3、4で棒グラフ中の数値は、各部位での計算値を示す)

Fig. 3、4、5より、抵抗は約6%、リアクタンスは約23%低減となり、インピーダンスは、全

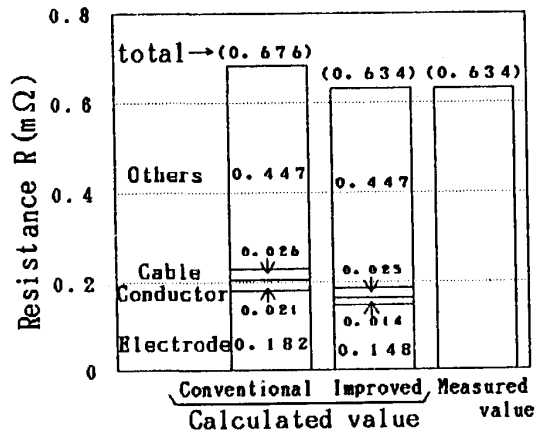


Fig. 3 Change of resistance

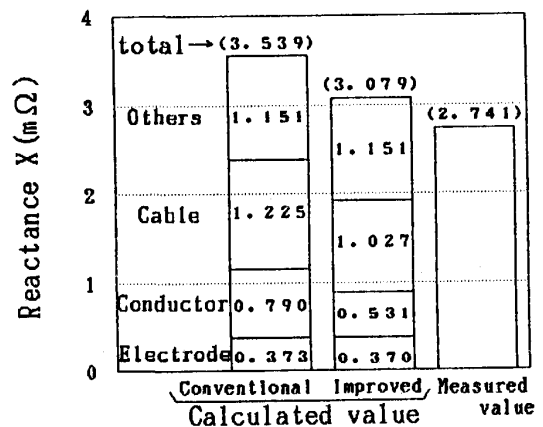


Fig. 4 Change of reactance

体で約22%と大幅に改善されたことがわかる。

また、実績値が計画値よりも約11%改善されているが、この理由としては、計画値が、

- ①電気室内の円形母線の更新による改善分を考慮していないこと
- ②ターミナルヘッドをAl製からCu製に変えた改善分を考慮していないこと
- ③今回の改造では、各導体間の接触面積を大きくとる等、接触抵抗を可能な限り小さくする工夫をしたが、この分は計算できない為、考慮に入れていないこと

等によるものと考えられる。

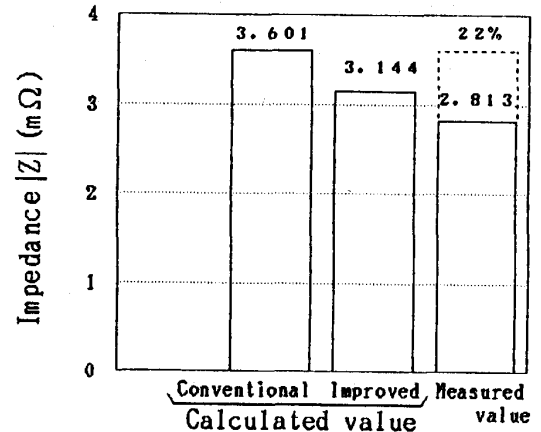


Fig. 5 Change of impedance

#### 4-2. 操業特性の変化について

今回の改造前後の電力投入量を比較する為に精錬期において、タップ電圧及び電流を同一に設定して、投入電力量のチャートをサンプリングした。その結果をFig. 6に示す。

Fig. 6より、設定タップ電圧600V、設定電流40.4KAでは、改造前投入電力は34.0MW、改造後は36.2MWとなり、約65%の投入電力の向上が得られている。

改善前の電気炉1 チャージ当りの実通電時間は、約40分であり、今回の6.5%の投入電力のアップにより、

$$40分 \times 0.065 = 2.6分$$

のTAPtoTAPの短縮が得られることになる。

Fig. 7に最近のTAPtoTAPの推移を示すが、平成2年10~12月の55.5分に対し、平成3年5月では、52.4分と約3分の短縮がはかられており上記の結果と合致する。

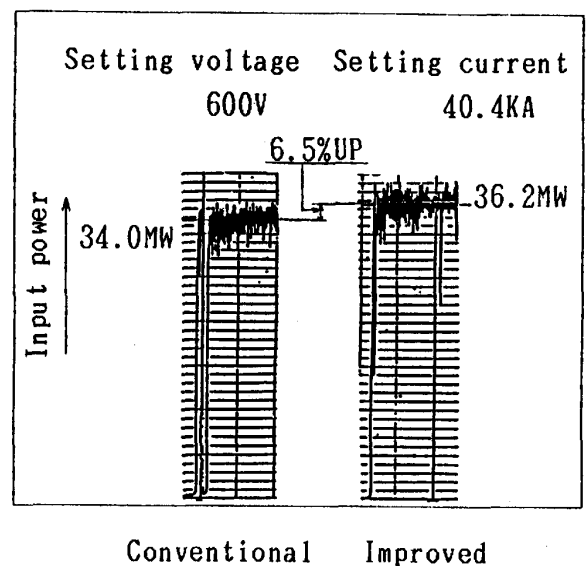


Fig. 6 Comparison of input power between conventional and improved

#### 5. まとめ

平成3年3月に、電気炉二次側導体の更新及びその他の改造を実施した結果、以下の事が得られた。

- ①電気炉のインピーダンスが約22%低減された。
- ②電気炉の投入電力は約6.5%向上し、TAP to TAPは約3分短縮された。

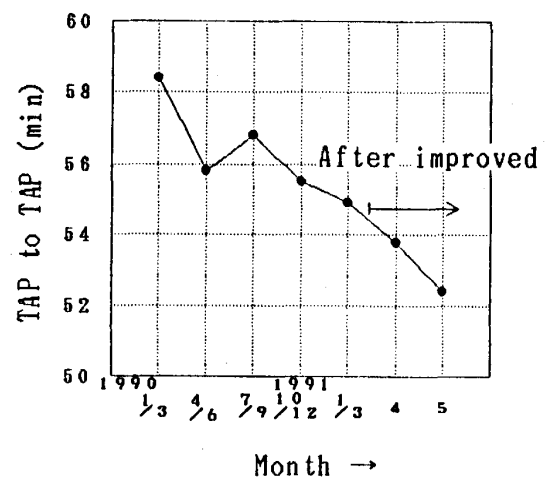


Fig. 7 Change of TAPtoTAP