

転炉排ガス処理設備における3次元型インペラーの亀裂発生予防方法

Preventive Measures against Crack of Rotary Diffuser Type I.D.F. Impeller of Oxygen Converter Gas Recovery System

住友金属工業(株)鹿島製鉄所 中島達夫・栗原重幸・安彦 弘*

1. はじめに

鹿島製鉄所製鋼工場のOG設備では昭和52年より高効率でサージングの起きにくいステンレス製溶接構造の3次元型IDFインペラーを4基採用、使用してきた。しかし回転数制御による応力変動および高速回転時に起こる共振によって、側板に相次いで亀裂が発生した。

亀裂に対しては溶接補修により応急対処した。さらに、疲労が進行している側板外周部を順次更新した。これと同時に応力の緩和および固有振動数の変更を目的に形状の変更を行った。現在全数更新完了し、また同形状の新作インペラーを1基加え5基の3次元型インペラーが順調に稼働している。

2. 3次元型インペラー

Fig.1. および Table 1. に3次元型インペラーの仕様を示す。

Table 1. Spec.

Material	YUS170
Capacity	160,000 Nm ³ /h
Pressure	20 kPa
Revolution	1,430 rpm

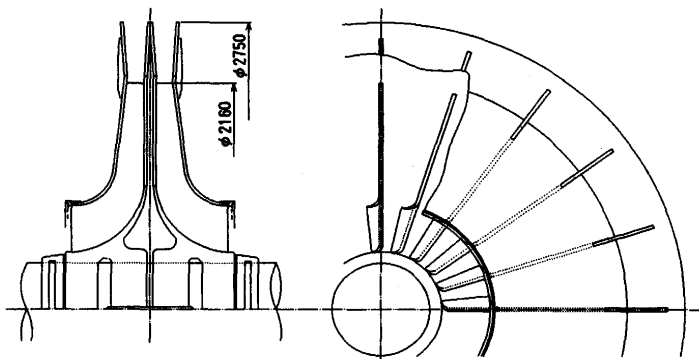


Fig.1. IDF impeller

3. 亀裂発生状況

使用していた4基の3次元型インペラーの側板に亀裂が発生した。いずれの亀裂も側板ディフューザー部のやや中心寄りに位置していた。このうち4号機の亀裂発生状況をFig.2.に示す。6カ所の亀裂は全て反モーター側でバランスウエイトが起点となっていた。

1号機には4号機と同様なバランスウエイトを起点とした亀裂が2カ所発生した。2号機は再生羽根を横切る位置に1カ所、3号機はウエイトのない位置に1カ所発生した。

Table 2. に各インペラーの亀裂数をまとめる。

Table 2. Number of cracks

	Number of cracks	Length (1 mm)
No.1 impeller	2	80
No.2 impeller	1	—
No.3 impeller	1	120
No.4 impeller	6	285

平成5年6月24日受付 (Received on June 24, 1993)

* Hiroshi Abiko (Kashima Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 3 Oaza-Hikari Kashimamachi Kashima-gun Ibaraki-ken 314)

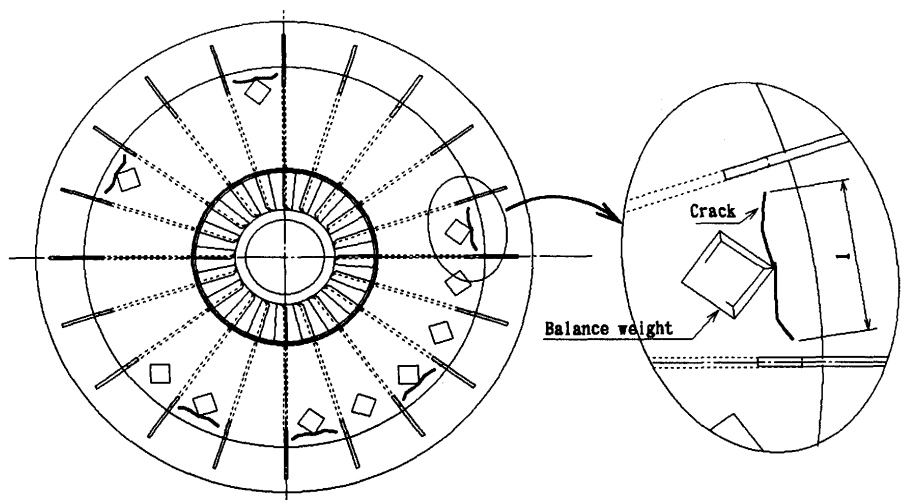


Fig. 2. Position of cracks

4. 亀裂の原因

今回の亀裂発生は側板および再生羽根が疲労寿命に達した結果である。以下に疲労破壊をもたらした具体的要因をあげる。

(1) 回転数制御による応力変動

IDFは転炉の操業にあわせて回転数制御を行っている。この時遠心力変化に伴う応力変動が疲労を進行させる。Fig. 3. に示す①, ②, ③が応力の高い部分である。

回転数の制御1,430rpm～740rpmに応じて②の応力は100%～27%の範囲で変動する。

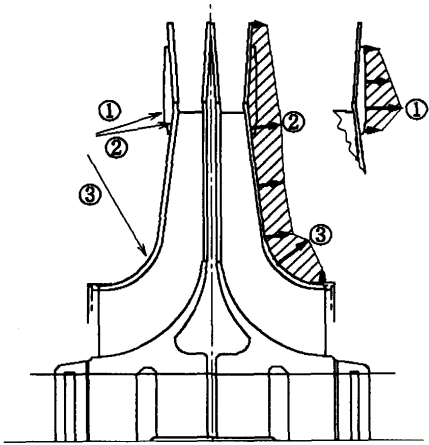


Fig. 3. Stress(at 1,430rpm)

(2) バランスウエイトでの応力集中

インペラーの側板にはバランスウエイトが付加される。このウエイトの溶接端での応力集中により側板の疲労が進行した。

亀裂のほとんど(80%)がウエイトの溶接部を起点に発生していた。

(3) 固有振動数と回転数の共振

亀裂発生部付近を節とした側板外周の固有振動数($f_s=118\text{Hz}$)にインペラー回転数の整数倍が一致(Fig. 4.)すると共振がおこり、インペラーの疲労を進行させる。

$$f_s = N \frac{n}{60}$$

f_s : 固有振動数[Hz]
 n : 回転数[rpm]
 N : (1, 2...)

$N = 5 \sim 9$ が制御範囲内にある。
(N が小さいほど応力は大きい)

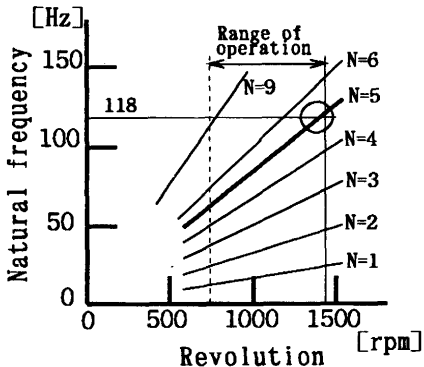


Fig. 4. Resonance frequency

5. 疲労進行抑制対策

3次元型インペラーの再生羽根および側板は疲労が進行した状態にあった。(溶接補修による応急対処後も亀裂が数カ所発生した) 疲労進行部に対して順次更新を行い、この際以下に示す恒久対策を施した。

(1) 側板および再生羽根の形状変更

Fig. 5. に示すように側板短縮および再生羽根大型化によってFig. 3. の①および②の応力の低減をはかる。また、この結果側板の固有振動数が変わり $N = 5$ 以下の共振を防止するようになった。

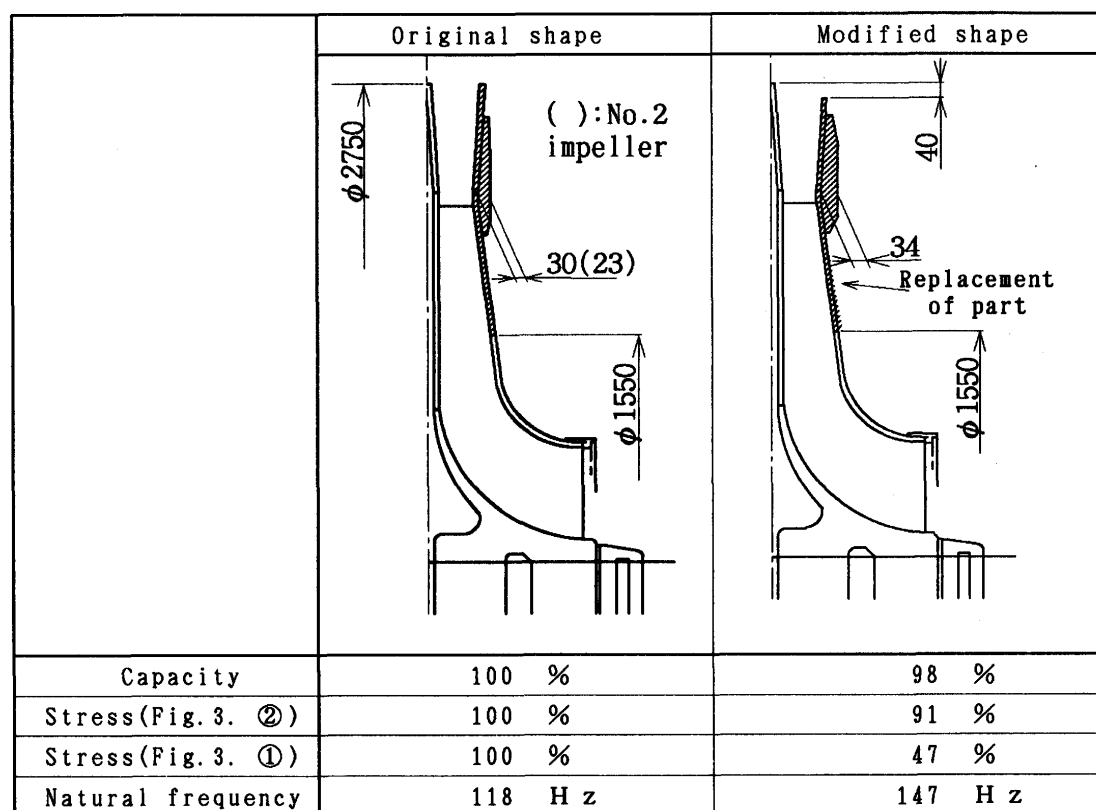


Fig. 5. modified shape

(2) ウェイト形状変更

バランスウェイトの形状と取付方法を適正化し、応力集中を緩和した。すなわち、バランスウェイトのコーナーを $R=30\text{mm}$ とし、応力集中を緩和した。

6. おわりに

OG用IDFは転炉操業を維持するために必要不可欠な設備となっており長期間の安定操業が要求されている。3次元型インペラーにおいてはターボ型に比べ低流量域で高効率でありサージングが発生しにくいなどの特徴がある。

今回のIDFインペラーに発生した亀裂の原因をまとめる。

- (1) 回転数制御による応力の変動。
- (2) バランスウェイトでの応力集中。
- (3) 側板の固有振動数とその回転数との共振。

これら3つのから、側板および再生羽根の疲労が進行した結果である。そこで疲労進行部位の更新を行い、この際疲労の進行抑制を目的に側板、再生羽根およびバランスウェイトの形状変更を行った。

現在、側板の更新を行った4基にこれらと同形状の新作品1基を加え、5転炉すべてに3次元型インペラーを使用し、順調に稼働を続けている。