

AEによる熱風炉の欠陥位置の評価

檀上 武克¹、川口敦史¹
西本 重人²

The Estimation for Location of Defects on Hot Stove by AE Technique.

Takeyoshi Danjyo¹, Atsushi Kawaguchi¹, Shigeto Nishimoto²

概 要

鉄鋼設備である高炉の熱風炉は、製鋼設備の中でも高炉本体に継ぐ重要設備である。しかし、近年、老朽化に伴い、溶接部あるいは鉄皮部分にSCC等による亀裂が発生し、内部流体の漏洩あるいは破壊に至るケースもある。従来、熱風炉の欠陥検査は超音波探傷によって実施されてきたが、工事中足場の作成に多大な費用が必要であり、さらに溶接部以外の鉄皮の検査は広範囲に及ぶために、実際には実施されていないのが現場である。本報では、熱風炉表面にAEセンサを取り付け、充圧時に発生するAEを評価することにより、危険度の高い欠陥の位置を特定できることが明らかになったので報告する。

キーワード：Acoustic Emission, Hot Stove, RBI, SCC

1. はじめに

高炉設備である熱風炉は、高炉の燃焼効率を高めるために、高炉への送風温度を一定に保つ働きをする設備であり、高炉設備の中でも重要設備である。構造を図1に示し、原理を簡単に記す。燃焼室で高温に温められた空気は蓄熱室に送られ、蓄熱室の内部を構成するレンガを温める。レンガに十分に蓄熱されると、蓄熱室を閉じたのち内部に送風して蓄熱室内部を空気で充圧する。充圧された空気はレンガに蓄熱された熱で温められ、所定の温度に達すると蓄熱室から高炉にむけてこの温められた空気を送風する。

上記のように熱風炉は、高炉設備にとって非常に重要な設備であり、健全な運用が必要である。しかし、高温にさらされるとともに、充圧時に内部圧力が上昇するために、使用にともないSCCが発生し、充圧した空気の漏洩や、場合によっては熱風炉の破損に至る場合がある。現在、熱風炉の検査は定期的に超音波探傷が実施されているが、実質的には溶接部しか検査ができないことや、また足場の設置等、大きな検査費用が必要であるなど、健全性を簡単にそして安価に評価する方法が望まれている。

¹ 日本鋼管(株)〒721-8510 広島県福山市鋼管町1番地

NKK Corporation, 1 Kokan-cho, Fukuyama-city, Hiroshima-pre, 721-8510

² 日本フィジカルアコースティクス(株)〒550-0005 大阪市西区西本町1-9-13 B-space INAMORI 6F

Nippon Physical Acoustics Ltd. 6F B-space INAMORI, 1-9-13 Nishihonmachi, Nishi-ku, Osaka 550-005

さらに、老朽化した設備ではすでに SCC による亀裂が発生しており、各亀裂のリスクを判断し、手直しの優先順位を決定することが必要となっている。

このような状況において、種々の検査方法を検討した結果、熱風炉を一種の压力容器と考えた場合に、従来から压力容器の欠陥検出、特に SCC 亀裂の検出に実績もある AE 法^{1)~3)}を適用するのが有効であると考えられる。本報では、この AE 法を熱風炉の欠陥位置の特定に応用したところ良好な結果を得たので、その検査方法と欠陥の評価方法について報告する。

2.検査方法

AE 法により検査を行うには、SCC により発生した亀裂を進展させるか、亀裂に応力を与えることが必要である。熱風炉の圧力チャートを図 2 に示す。圧力が小さいだけでなく、圧力が付加される時間が短いため、亀裂の進展を検出することはタイミング的に困難である。そこで、AE の検査方法としては、充圧時または送風時の圧力変動に伴い生じる亀裂の挙動を利用するのが有効と考えられる。

図 3 は、充圧および送風に伴い発生する AE の振幅の変化を示す。充圧時には、振幅の大きな AE の発生は認められるものの、その発生数は少なく、欠陥から発生する AE を計測することは可能であると考えられる。しかし、送風時には振幅の大きな AE が多量に発生し、亀裂によって発生した AE を弁別することは困難であると思われる。これは、送風に伴う空気の流れにより発生しているものと考えられ、ハイパスフィルタによる弁別等によっても弁別することはできなかった。

以上のことから、熱風炉を検査する場合、充圧時に発生する AE を評価するのが有効であると考えられる。

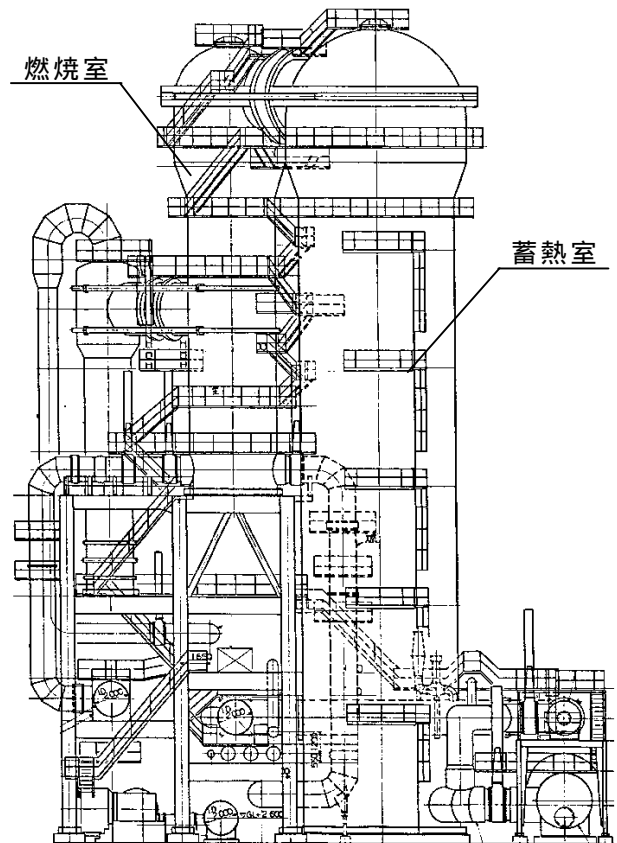


図 1 熱風炉

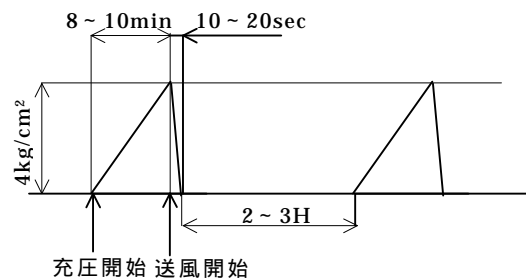


図 2 圧力変化

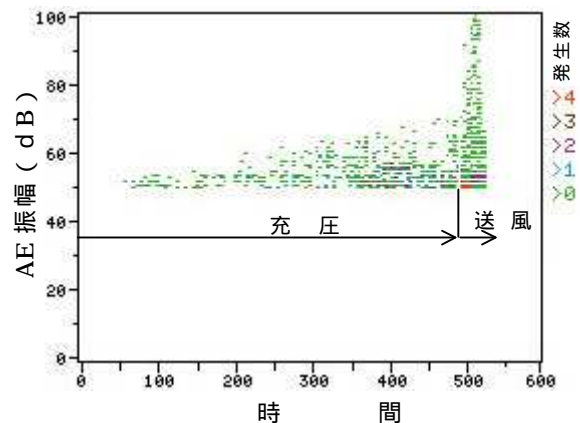


図 3 AE 振幅の変化

3. 熱風炉の亀裂位置の特定

AE による亀裂位置の特定精度を検討するために、あらかじめ超音波探傷により欠陥の位置を明らかにした計測対象を、AE 法で評価して結果を比較した。

3.1 計測対象

計測対象を図 4 に示す。AE センサは計測対象となる溶接部を囲む形で 4 個設置した。AE センサの設置間隔は 5m 程度が理想であるが、足場がないために自由な間隔にセンサを取り付けることは困難である。そこで、図に示すようにテラスから設置可能な位置に取り付けた。取り付けは、シリコングリースを塗布後、マグネットホルダを使用して固定した。センサの設置状況を図 5 に示す。欠陥の位置は、詳細は後述するが、ほぼ中央に集中している。

3.2 結 果

充圧に伴い発生した AE の振幅の変化を図 6 に示す。充圧に伴う内部圧力の上昇に伴い、AE の振幅が増加している。充圧速度は一定であるので、圧力上昇により欠陥あるいは部材から AE が発生しているものと考えられる。AE の発生位置を図 7 に、超音波探傷の結果を図 8 に示す。超音波探傷によって発見された欠陥の位置に AE の発生が認められる。図中指示部 A、B、C で AE の発生が認められるが、この位置には、図 5 中 D、E、F で示すように足場用の部材が溶接されており、これらの溶接部から発生しているものと考えられる。亀裂と発生した AE の対応を個々に確認することは困難であるが、位置評定の誤差はおおよそ 40cm 程度と考えられる。

同様な計測を種々の熱風炉で実施した結果、AE の発生が認められない欠陥があることが明らかになった。例えば、亀裂が発見された後に、亀裂部に当て板をして補修してあるような場合には AE が発生しないことがある。これは、

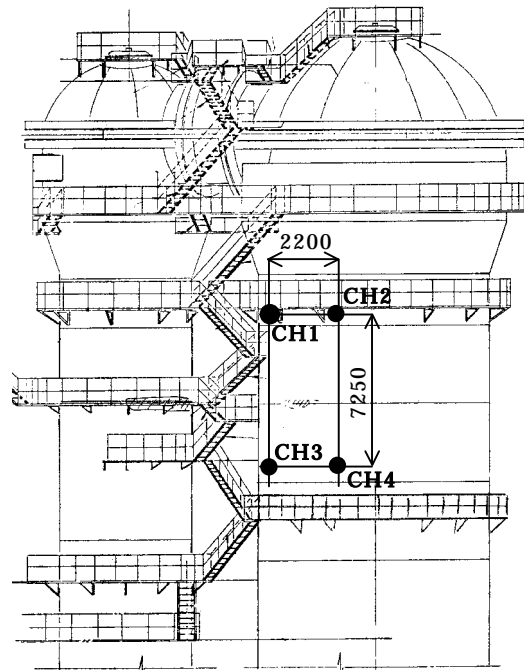


図 4 計測対象

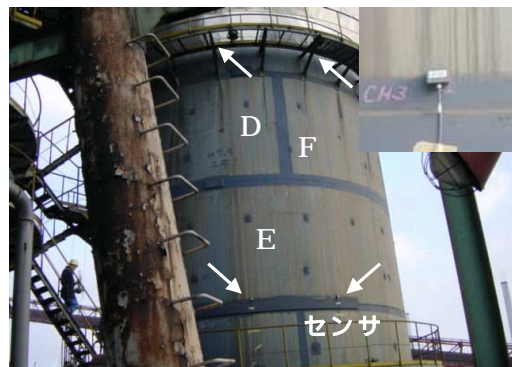


図 5 AE センサの設置

表 2 計測条件

項目	条件
HPF	100kHz
LPF	1200kHz
センサ	150kHz 共振
増幅率	40dB
計 測	充圧時

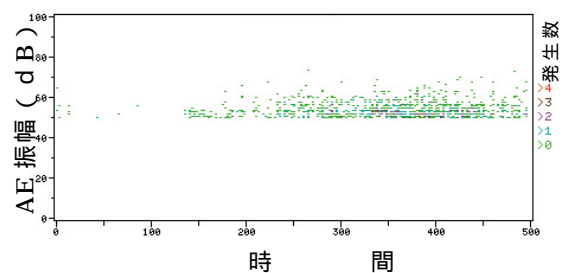


図 6 AE 振幅の変化

当て板により亀裂部への応力集中が緩和され、亀裂の進展が抑えられているものと考えられる。現在、存在するリスクを適切に評価して検査の最適化を図るための手段として、RBI(Risk Based Inspection)が注目を浴びるようになり、様々な分野で適用されつつある。上記のように、進展の可能性が小さい亀裂から AE が発生しないということは、欠陥の進展の可能性、すなわちその亀裂のリスクを評価できるものと考えられ、AE 法は熱風炉の RBI に有効な手段であると考えられる。

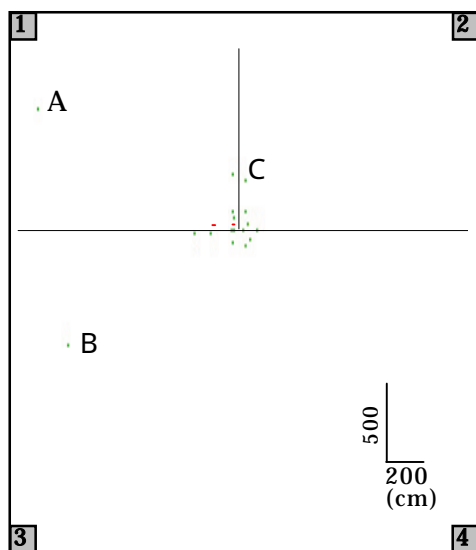


図 7 AE 発生位置

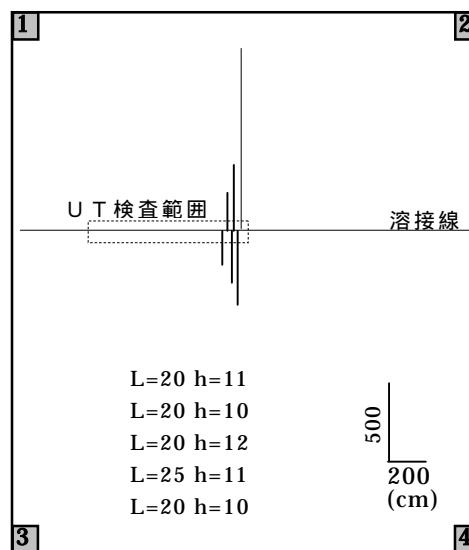


図 8 超音波探傷結果

4.おわりに

AE 法により熱風炉の欠陥位置の特定を試みた。その結果、超音波探傷で求めた亀裂の位置と AE の発生位置が一致し、AE による熱風炉の亀裂位置特定の可能性が明らかになった。AE 法によれば、広範囲を一度に検査できるだけでなく、足場の設置等も不要であるので、安価にそして簡便に熱風炉の検査が可能である。また、従来から知られているように、リスクの高い欠陥からの AE 活性度は高いことが予想されることから、補修のスクリーニングにも有効な手段であると考えられる。

- 1) 湯山茂徳：AE に関する最近のおもしろい話題 日本工業出版「検査技術」、第 2 巻、第 6 号、58-63(1997)
- 2) 湯山茂徳、岸輝雄、久松敬弘：すきま腐食-SCC 発生 of AE ほうによる検知とその解析法、鉄と鋼、第 68 巻、第 14 号、2019-2028(1982)
- 3) 湯山茂徳：アコースティックエミッション (AE) 法による腐食損傷評価、防食技術、Vol.35,163-170(1986)