

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7697486号
(P7697486)

(45)発行日 令和7年6月24日(2025.6.24)

(24)登録日 令和7年6月16日(2025.6.16)

(51)国際特許分類	F I		
F 2 7 D 1/16 (2006.01)	F 2 7 D 1/16	T	
F 2 7 D 21/00 (2006.01)	F 2 7 D 21/00	Z	
F 2 7 D 25/00 (2010.01)	F 2 7 D 25/00		
F 2 7 D 1/00 (2006.01)	F 2 7 D 21/00	Q	
	F 2 7 D 1/00	V	
請求項の数 8 (全13頁)			

(21)出願番号	特願2023-48993(P2023-48993)	(73)特許権者	000001258
(22)出願日	令和5年3月24日(2023.3.24)		J F E スチール株式会社
(65)公開番号	特開2024-137461(P2024-137461 A)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(43)公開日	令和6年10月7日(2024.10.7)	(74)代理人	100147485
審査請求日	令和6年10月31日(2024.10.31)		弁理士 杉村 憲司
		(74)代理人	230118913
			弁護士 杉村 光嗣
		(74)代理人	100165696
			弁理士 川原 敬祐
		(74)代理人	100195785
			弁理士 市枝 信之
		(72)発明者	小原 祐司
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
			J F E スチール株式会社内
		(72)発明者	岡本 真吾
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 補修システムおよび補修方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

内面に耐火物層を有する構造物の補修システムであって、
前記構造物内面の3次元形状を測定する3次元形状測定装置と、
前記3次元形状測定装置によって測定した3次元形状に基づいて、前記耐火物層の除去すべき範囲を深さ方向における複数の層に分けて決定する演算装置と、
前記演算装置で演算された結果に基づいて、前記耐火物層を前記層ごとに破碎する破碎装置と、
前記破碎装置により破碎された破碎片を、破碎された前記層ごとに分けて回収する分離回収装置と、を備える補修システム。

【請求項2】

さらに、前記破碎装置にかかる負荷を測定し、測定された負荷に基づいて前記層ごとに破碎する範囲を調整する制御装置を備える、請求項1に記載の補修システム。

【請求項3】

さらに、前記構造物内面の色情報を取得する色情報取得装置を備え、
前記演算装置は、前記3次元形状測定装置によって測定した3次元形状に加え、前記色情報取得装置により取得された色情報を考慮して前記複数の層を決定する、請求項1または2に記載の補修システム。

【請求項4】

さらに、前記分離回収装置によって回収された分画の少なくとも1つを、当該分画に含

まれる破碎片の物性に基づいてさらに選別する選別装置を備える、請求項 1 または 2 に記載の補修システム。

【請求項 5】

内面に耐火物層を有する構造物の補修方法であって、

前記構造物内面の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、

前記 3 次元形状測定工程で測定された 3 次元形状に基づいて、前記耐火物層の除去すべき範囲を深さ方向における複数の層に分けて決定する演算工程と、

前記演算工程で演算された結果に基づいて、前記耐火物層を前記層ごとに破碎する破碎工程と、

前記破碎工程で破碎された破碎片を、破碎された前記層ごとに分けて回収する分離回収工程と、を含む補修方法。

10

【請求項 6】

さらに、前記破碎工程における負荷を測定し、測定された負荷に基づいて前記層ごとに破碎する範囲を調整する制御工程を含む、請求項 5 に記載の補修方法。

【請求項 7】

さらに、前記構造物内面の色情報を取得する色情報取得工程を含み、

前記演算工程では、前記 3 次元形状測定工程で測定した 3 次元形状に加え、前記色情報取得工程で取得した色情報を考慮して前記複数の層を決定する、請求項 5 または 6 に記載の補修方法。

【請求項 8】

20

さらに、前記分離回収工程において回収された分画の少なくとも 1 つを、当該分画に含まれる破碎片の物性に基づいてさらに選別する選別工程を含む、請求項 5 または 6 に記載の補修方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内面に耐火物層を有する構造物の補修システムに関する。また、本発明は内面に耐火物層を有する構造物の補修方法に関する。

【背景技術】

【0002】

30

高温の内容物を保持するための構造物には、内容物の熱から構造物を保護するために、該構造物の内面にライニングとしての耐火物層が設けられることが一般的である。このような耐火物層を有する構造物としては、例えば、熔融金属を保持するための容器（以下、「熔融金属容器」という）や、高炉樋などの熔融金属用の樋が挙げられる。

【0003】

しかし、そのような構造物を使用していると、高温の内容物と接触することによる損耗や、熱衝撃などに起因するスポーリング（き裂、剥離）のため、前記耐火物層は次第に劣化する。そのため、前記耐火物層の機能を維持するためには、定期的に補修を行う必要がある。

【0004】

40

耐火物層を補修する方法としては、不定形耐火物を吹き付ける方法が一般的に用いられている。しかし、劣化した耐火物層の上に不定形耐火物を吹き付けた場合、補修後の耐火物層の内部に、劣化した耐火物層と新しい耐火物層の界面が残存することになる。また、劣化した耐火物層の表面には、構造物を使用していた際に付着した熔融金属やスラグなどの滓（ビルドアップ）が付着していることもある。そのため、補修した後に構造物を使用する中で、表面側の新しい耐火物層に亀裂が生じると、該亀裂を通じて熔融金属などが劣化した耐火物層と新しい耐火物層の界面まで侵入し、新しい耐火物層が剥離してしまうという問題がある。

【0005】

そこで、上記剥離を防ぐために、耐火物層の補修にあたっては、補修する箇所の表面を

50

はつって、劣化した耐火物層や耐火物層の表面に付着した付着物を除去した後に、不定形耐火物を吹き付けることが行われている。

【0006】

例えば、特許文献1には、熔融金属容器内面のライニングを吹き付け補修する際に、予め破碎工具により耐火物層表面の劣化層を全面にわたり破碎して除去することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特開2006-292278号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、実際の構造物においては、耐火物層の表面に付着したビルドアップの厚さや、劣化層の厚さは必ずしも一定とは限らない。また、劣化した耐火物層の一部が剥離した結果、部分的に劣化層が薄くなっている場合もある。そのため、特許文献1に記載されているような方法で劣化層を除去すると、劣化していない健全な耐火物まで除去してしまうことになるため、結果的に補修に必要な不定形耐火物の使用量が増大し、補修費用に無駄が生じる。また、反対に、劣化層が厚い部分では、劣化層が完全に除去されずに残存してしまう場合もある。

【0009】

そこで本発明者らは、構造物内面の3次元形状を測定し、得られた3次元形状に基づいて耐火物層を除去する範囲（深さ）を決定する技術を考案した。前記技術によれば、耐火物層表面に付着したビルドアップや劣化層を的確に除去するとともに、劣化していない耐火物層が除去される量を低減することができる。したがって、前記技術によれば、補修品質が向上することに加え、不定形耐火物の使用量および補修費用を削減することができる。

【0010】

しかし、上記技術のように耐火物層を破碎して除去した場合、大量の破砕片が発生する。この破砕片を産業廃棄物として処分すると多大なコストを要するだけでなく、省資源の観点からも望ましくない。そこで、破砕片として回収された耐火物を再利用することが求められる。

【0011】

ところが、上述したように耐火物層の表面にはスラグや金属などのビルドアップが付着しているため、破碎して回収された破砕片には、耐火物以外の成分が混在している。そのため、そのままでは破砕片を再利用することが難しい。

【0012】

破砕片を回収した後に、比重選別機や磁力選別機を用いて成分を選別することも考えられるが、耐火物と、混入している他の成分との間に磁性や比重といった物性の違いが十分に無いと選別が難しい。例えば、スラグなどで構成されるビルドアップと耐火物とでは、物性の違いが小さいため選別が困難である。

【0013】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、耐火物層を有する構造物を補修する際に発生する破砕片を効率的に分離回収し、再利用を容易にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その要旨構成は、以下の通りである。

【0015】

1. 内面に耐火物層を有する構造物の補修システムであって、
前記構造物内面の3次元形状を測定する3次元形状測定装置と、

前記３次元形状測定装置によって測定した３次元形状に基づいて、前記耐火物層の除去すべき範囲を深さ方向における複数の層に分けて決定する演算装置と、

前記演算装置で演算された結果に基づいて、前記耐火物層を前記層ごとに破碎する破碎装置と、

前記破碎装置により破碎された破砕片を、破碎された前記層ごとに分けて回収する分離回収装置と、を備える補修システム。

【００１６】

２．さらに、前記破碎装置にかかる負荷を測定し、測定された負荷に基づいて前記層ごとに破碎する範囲を調整する制御装置を備える、上記１に記載の補修システム。

【００１７】

３．さらに、前記構造物内面の色情報を取得する色情報取得装置を備え、

前記演算装置は、前記３次元形状測定装置によって測定した３次元形状に加え、前記色情報取得装置により取得された色情報を考慮して前記複数の層を決定する、上記１または２に記載の補修システム。

【００１８】

４．さらに、前記分離回収装置によって回収された分画の少なくとも１つを、当該分画に含まれる破砕片の物性に基づいてさらに選別する選別装置を備える、上記１～３のいずれか１つに記載の補修システム。

【００１９】

５．内面に耐火物層を有する構造物の補修方法であって、

前記構造物内面の３次元形状を測定する３次元形状測定工程と、

前記３次元形状測定工程で測定された３次元形状に基づいて、前記耐火物層の除去すべき範囲を深さ方向における複数の層に分けて決定する演算工程と、

前記演算工程で演算された結果に基づいて、前記耐火物層を前記層ごとに破碎する破碎工程と、

前記破碎工程で破碎された破砕片を、破碎された前記層ごとに分けて回収する分離回収工程と、を含む補修方法。

【００２０】

６．さらに、前記破碎工程における負荷を測定し、測定された負荷に基づいて前記層ごとに破碎する範囲を調整する制御工程を含む、上記５に記載の補修方法

【００２１】

７．さらに、前記構造物内面の色情報を取得する色情報取得工程を含み、

前記演算工程では、前記３次元形状測定工程で測定した３次元形状に加え、前記色情報取得工程で取得した色情報を考慮して前記複数の層を決定する、上記５または６に記載の補修方法。

【００２２】

８．さらに、前記分離回収工程において回収された分画の少なくとも１つを、当該分画に含まれる破砕片の物性に基づいてさらに選別する選別工程を含む、上記５～７のいずれか１つに記載の補修方法。

【発明の効果】

【００２３】

本発明によれば、組成の異なる破砕片を混合させることなく分離回収することができる。したがって、本発明によれば、回収した破砕片を容易に再利用することができる。また、分離回収した分画をさらに選別すれば、一層高い精度で成分を分離することもできる。

【発明を実施するための形態】

【００２４】

以下、本発明の実施形態の例について具体的に説明する。なお、以下の説明は、本発明の実施形態を例示的に示すものであり、本発明は、以下の実施形態に何ら限定されるものではない。

【００２５】

10

20

30

40

50

〔構造物〕

本発明は、内面に耐火物層を有する構造物を補修するためのものである。前記構造物としては、少なくとも内面に耐火物層を有するものであれば任意の構造物を対象とできる。前記構造物は、例えば、熔融金属用構造物であってよい。前記熔融金属用構造物としては、溶銑鍋、溶鋼の取鍋、精錬容器などの熔融金属容器や、高炉樋などの熔融金属用樋が例示される。

【００２６】

本発明は、任意の材質および構造を有する耐火物層に適用できる。したがって、前記構造物の内面に設けられた耐火物層は、耐火物で構成された層であれば任意の材質および構造であってよい。

10

【００２７】

また、ライニングとしての耐火物層を、パーマレンガと称される定型耐火物の層と、不定形耐火物の層とで構成することも一般的に行われている。例えば、典型的な熔融金属用構造物は、鉄皮と称される金属製構造物本体と、前記金属製構造物本体の内面に設けられた定型耐火物（パーマレンガ）の層と、前記定型耐火物層の内面に設けられた不定形耐火物の層とを備えており、前記定型耐火物の層と前記不定形耐火物の層とにより耐火物層が構成されている。本発明は、上記のような構造を有する耐火物層の補修にも好適に用いることができる。

【００２８】

なお、以下の実施形態では、主に典型的な例として、前記構造物が熔融金属容器である場合について説明するが、上述したように本発明は熔融金属容器に限らず任意の構造物に適用可能である。

20

【００２９】

（第一の実施形態）

本発明の一実施形態における補修システムは、３次元形状測定装置、演算装置、破碎装置、および分離回収装置を備えている。また、本発明の一実施形態における補修方法は、３次元形状測定工程、演算工程、破碎工程、および分離回収工程を含む。

【００３０】

〔３次元形状測定〕

本発明では、構造物内面の３次元形状を測定し、その結果に基づいて耐火物層の除去すべき領域を深さ方向における複数の層に区分する。そのため、耐火物層の除去に先立って構造物内面の３次元形状を測定する。

30

【００３１】

３次元形状の測定に用いる３次元形状測定装置（以下、単に「測定装置」という場合がある）としては、とくに限定されず、構造物内面の３次元形状を測定できるものであれば任意の装置を用いることができる。好適に使用できる測定装置としては、例えば、３次元レーザースキャナ、フォトグラメトリ方式の３次元形状測定装置、パターン投影方式の３次元形状測定装置などが挙げられるが、中でも３次元レーザースキャナを用いることが好ましい。

【００３２】

前記３次元形状の測定は、１回で行ってもよく、複数回行ってもよい。使用する測定装置の視野に全測定範囲が収まる場合には、１回の測定で構造物全体の３次元形状データを得ることができる。例えば、前記構造物が容器である場合、３次元レーザースキャナを該容器の中心軸上かつ容器口の高さに配置し、容器中心軸を中心に３６０°のレーザースキャンを実施することにより容器内面の３次元形状を一度の測定で取得可能である。一方、フォトグラメトリで測定を行う場合には、測定原理上、測定範囲がカメラ視野に限定されるため、測定装置（カメラ）の向きや位置を変えながら構造物内面を複数回測定し、後処理でデータを合成することで構造物内面全体の３次元形状データを得ることができる。

40

【００３３】

前記測定装置は、後述する破碎装置に備えられていてもよく、破碎装置とは別体として

50

備えられていてもよい。破碎装置と別体として測定装置を設ける場合には、対象である構造物を使用している設備に測定装置を備え付けておくこともできる。例えば、前記構造物が、製鉄所において溶鋼を運搬するための容器（鍋）である場合には、該容器を1チャージ使用するごとに、設備に備え付けられた測定装置で容器内面の3次元形状を測定し、次に述べるように補修の要否を判断することもできる。なお、ここで「チャージ」とは、転炉などから熔融金属を容器に受け入れ、溶鋼中の不純物を取り除く2次精錬工程を経て、次工程である鑄造設備などに熔融金属を送り出して容器が空になるまでのサイクルを指す。

【0034】

また、本発明の一実施形態における補修方法は、次の演算工程に進む前に、前記測定工程で得た3次元形状に基づいて、補修を実施するか否かの判断を行う補修要否判定工程をさらに備えていてもよい。同様に、本発明の一実施形態における補修システムは、前記測定工程で得た3次元形状に基づいて、補修を実施するか否かの判断を行う補修要否判定装置をさらに備えていてもよい。前記補修要否の判定は、例えば、前記3次元形状に基づいて、耐火物層の厚さが一定の水準（閾値）をした回った場合に補修を実施すると判断することができる。

【0035】

〔演算〕

次に、得られた構造物内面の3次元形状に基づいて、前記耐火物層の除去すべき範囲を深さ方向における複数の層に分けて決定する。すなわち、構造物内面の3次元形状とは、耐火物層とその表面に付着したビルドアップを含めた表面のプロファイルであるから、当該プロファイルにおいて凸部となっている部分はビルドアップが厚く付着している可能性が高く、したがってその部分は除去量を多くする必要があると判断できる。反対に、当該プロファイルにおいて凹部となっている部分は、劣化した耐火物層が剥離した結果、凹部となっている可能性が高く、したがって、その部分は除去量を少なくすればよい。このように、構造物内面の3次元形状に基づいて、各部における耐火物層の除去すべき範囲を決定することができる。

【0036】

さらに、本発明では、後述する分離回収装置により、破碎された前記層ごとに分けて回収する。そのために、前記演算においては、耐火物層の除去すべき範囲を深さ方向における複数の層に分けて決定することが重要である。

【0037】

例えば、熔融金属容器の耐火物層の場合、高温の熔融金属と接することにより耐火物層の表面にクラックが生じる。そして、そのクラックに熔融金属が浸潤することにより劣化層が形成される。前記劣化層の厚さは、最初の耐火物層の表面を起点として、深さ方向に徐々に増加する。一方、耐火物層の表面には、スラグ等のビルドアップが付着してビルドアップ層が形成される。前記ビルドアップ層の厚さは、最初の耐火物層の表面を起点として、外部方向（劣化層の成長とは反対方向）に徐々に増加する。

【0038】

前記劣化層は、耐火物が主成分であり、浸潤した金属が部分的に含まれている。一方、前記ビルドアップ層は、酸化物などのスラグや、金属で構成されている。このように、劣化層とビルドアップ層は組成が異なっていることから、両者を分離して回収することが望ましい。したがって、その場合、演算工程では、3次元形状測定装置によって測定した3次元形状に基づいて、耐火物層の除去すべき範囲を、劣化層とビルドアップ層に分けて決定することが好ましい。

【0039】

上記の例では、耐火物層の除去すべき範囲をビルドアップ層と劣化層という2つの層に分ける場合について説明したが、層の数は2に限定されず、実際の耐火物層の状態に応じて任意の数とすることができる。しかし、過度に層の数が多いと、組成の異なる層を判別することが難しくなることに加え、装置構造が複雑となる。そのため、層の数は、5以下であることが好ましく、4以下であることがより好ましい。典型的な構造物においては、

層の数は2～3程度である。例えば、熔融金属容器などの熔融金属を取り扱う構造物では、ビルドアップ層と劣化層の間にシート状の金属層が形成される場合がある。その場合、表面側から順に、ビルドアップ層、金属層、劣化層の3層に分けることができる。また、劣化していない耐火物層（以下、健全層という）の一部も除去する場合、表面側から順に、ビルドアップ層、劣化層、健全層の3層に分けることができる。さらに、表面側から順に、ビルドアップ層、金属層、劣化層、健全層の4層に分けてもよい。

【0040】

言い換えると、前記演算工程においては、最終的に耐火物層を破碎して除去するトータルの範囲（深さ）と、前記範囲の中で、組成が顕著に変化する境界を特定し、前記境界を境として除去すべき範囲を複数の層に分ければよい。これにより、層ごとに破碎を行って、生じた破砕片を分離回収することが可能となる。

10

【0041】

劣化層の深さについては、例えば、容器の使用履歴（使用回数、仕様時間など）から推定することも可能である。したがって、前記演算においては、容器の使用履歴から推定される劣化層の推定厚さを使用することもできる。また、形成される劣化層の厚みはある程度（例えば、30～40mmなど）で飽和する傾向がある。そのため、既知の劣化層の飽和厚みを予め演算装置に入力しておき、前記演算に使用することもできる。また、前記演算においては、使用前の構造物の内面の3次元形状（初期形状）を参照して演算を行ってもよい。

【0042】

20

さらに、耐火物層は、使用にともなって部分的に剥離する場合がある。例えば、上述したようにクラックが発生して劣化が進んだ状態の耐火物層に熱衝撃が加わると、正常な耐火物層と劣化層との熱膨張率の違いなどにより、劣化層が部分的に剥離する。そして、その結果、剥離が生じた部分では、劣化していない耐火物層が表面に露出する。その状態でさらに構造物を使用し続けると、剥離によって露出した耐火物層の表面を起点として、新たに劣化層とビルドアップ層が成長する。そのため、より正確に耐火物層の除去すべき範囲を決定するためには、上記剥離の発生を考慮することが望ましい。

【0043】

そのためには、構造物を使用している期間全体にわたり、該構造物内面の3次元形状を、定期的に測定し、その測定データを上記演算に使用することが好ましい。前記測定データを参照することにより、剥離の発生を判定するとともに、剥離した部位や、剥離によって露出した表面の位置を特定することもできる。

30

【0044】

前記演算工程においては、さらに、各層を順番に破碎、除去するために破碎装置を走査する経路を決定することも好ましい。

【0045】

また、前記耐火物層を除去する範囲の決定においては、さらに、予め用意した除去限界位置を表す3次元形状データ（以下、除去限界データ）を併用することも好ましい。ここで、除去限界位置とは、当該位置を超えて（当該位置よりも深く）除去を行ってはいけない位置を指すものとする。耐火物層を除去する範囲を決定する際に、前記除去限界データを参照することにより、耐火物層を過剰に除去してしまうことや、耐火物層以外の部分（容器本体など）を工具で損傷させてしまうことを防止できる。

40

【0046】

例えば、上述したように耐火物層がパーマレンガと称される定型耐火物の層と不定形耐火物の層とで構成されている場合、不定形耐火物の層のみを除去し、定型耐火物の層は除去しないことが好ましい。したがって、そのようなケースでは、定型耐火物の層のみが設けられ、不定形耐火物の層が設けられていない状態の3次元形状データを前記除去限界データとして使用することにより、定型耐火物の層を除去してしまうことを防止できる。

【0047】

[破碎]

50

次いで、前記演算工程で演算された結果に基づいて、前記耐火物層を前記層ごとに破碎する。本発明の補修システムは、前記破碎に用いる破碎装置を備えている。

【0048】

前記破碎装置としては、定型耐火物を破碎できるものであれば、とくに限定されることがなく任意の装置を用いることができる。典型的には、耐火物層に接触した状態の破碎工具に対して回転力および衝撃力の一方または両方を付与することにより耐火物層を破碎する破碎装置が使用される。前記衝撃力を付与する際には、破碎工具を耐火物層の表面に対して前進、後進させる往復運動を行えばよい。破碎工具としては、例えば、油圧ドリフターを好適に用いることができる。

【0049】

破碎工程においては、前記破碎装置を用いて耐火物層の表面を破碎する。その際、前記破碎装置を耐火物層の表面に沿って移動させながら破碎を行うことが好ましい。言い換えると、前記破碎装置は、破碎工具を移動させる移動手段を備えることが好ましい。また、前記工具を容器の内面に沿って走査させながら除去を行うために、前記破碎装置は、破碎工具を3次元的に移動させる移動手段と、前記破碎工具の姿勢（向き）を制御する姿勢制御手段とを備えることが好ましい。前記移動手段および姿勢制御手段としては、例えば、重機のアームなどを使用することもできる。前記重機としては、例えば、キャタピラ等で駆動される車体本体と、工具を6自由度（3軸方向の位置／回転）またはそれ以上の自由度で位置決めできるアームを備えた重機を用いることが好ましい。

【0050】

破碎工具を容器内面に沿って走査しながら除去を行う場合、その走査パターンは特に限定されず、使用する破碎装置や対象とする容器の形状に合わせて決定すればよい。切削粉が下に落ちていくことを考慮すると、容器内面の周方向に走査しながら除去する動作を、下方から上方へわたって繰り返すことが好ましい。

【0051】

また、破碎工具を容器内面に沿って走査しながら破碎を行う場合、前記走査は任意の回数行うことができる。本発明では、耐火物層を層ごとに破碎するので、それぞれの層を任意の回数の走査で破碎することができるが、典型的にはそれぞれの層を1回の走査で破碎することが好ましい。

【0052】

前記破碎装置は上記3次元形状測定装置を備えていてもよい。破碎装置が3次元形状測定装置を備えている場合、該3次元形状測定装置で容器内面の3次元形状を測定し、その結果に基づいて前記破碎装置を制御することができる。

【0053】

また、前記破碎装置は上記3次元形状測定装置（ここでは第一の測定装置とする）とは別の、容器内面の3次元形状を測定する第二の測定装置を備えていてもよい。破碎装置が第二の測定装置を備えている場合、前記第二の測定装置の測定結果を利用して該破碎装置の位置合せを行うことができる。例えば、破碎を行うための位置に破碎装置を設置した後、第二の測定装置による測定を行い、その結果を利用することで容易に位置合せを行うことができる。より具体的な例としては、構造物を使用している設備（工場など）に設置されている第一の測定装置を用いて構造物内面の3次元形状を測定して第一の3次元形状データを取得し、その後、破碎装置に備えられている第二の測定装置を用いて第二の3次元形状データを取得し、前記第一の3次元形状データと第二の3次元形状データを比較することによって前記破碎装置の位置合せ（原点出し）を行うことができる。第一の3次元形状データと第二の3次元形状データを比較する方法としては、例えば、一方を他方にフィッティングする方法が挙げられる。第一の3次元形状データの座標系と第二の3次元形状データの座標系の座標変換行列を求めることもできる。

【0054】

〔分離回収〕

本発明では、前記破碎工程で破碎された破砕片を、破碎された前記層ごとに分けて回収

10

20

30

40

50

する。このように分離回収を行うことにより、破碎装置によって破碎された耐火物などの破砕片を混合させることなく分離回収することができる。本発明の一実施形態における補修システムは、上記分離回収を行うための分離回収装置を備えている。

【0055】

前記分離回収装置としては、とくに限定されることなく、破砕片を分離回収できるものであれば任意の装置を用いることができる。例えば、前記分離回収装置は、複数の回収容器と、破碎装置によって破碎された破砕片を前記回収容器に移送する移送手段と、前記移送手段によって移送された破砕片を、どの回収容器に回収するかを切替える切替手段を備えることが好ましい。

【0056】

前記移送手段は、破砕片の自重を利用して移送するシュートなどであってもよいが、吸引して移送するように構成されていることが好ましい。例えば、破碎工具の下方に吸引ノズルを設けるとともに、前記吸引ノズルと前記回収容器をダクトで接続し、ダクトに負圧をかけてエア吸引する方式が考えられる。なお、回収できなかった破砕片は、そのまま構造物の底部に落下させ、耐火物の破碎、除去が完了した後に回収し、前記回収容器に投入してもよい。

【0057】

なお、この分離回収工程において分離回収される分画の数は、通常は、上記演算工程で決定した層の数と同じとすればよい。例えば、演算工程において、除去すべき範囲を、劣化層とビルドアップ層という2つの層に分けて決定した場合、分離回収工程では、ビルドアップ層を破碎して生じた破砕片を第1の分画、劣化層を破碎して生じた破砕片を第2の分画として、それぞれ別の回収容器に回収すればよい。

【0058】

前記回収容器としては、破砕片を収容できるものであれば任意の容器を用いることができる。前記回収容器の個数はとくに限定されず任意の数とすることができる。回収容器の数は分画の数と同じであってもよいが、1つの分画を複数の容器に分けて回収してもよい。

【0059】

回収先の切替は、任意の方法で行うことができる。典型的には、破碎対象の層が変わったタイミングに合わせて切替手段を操作して回収先を切替えればよい。前記切替手段としては、どの回収容器に回収するかを切替えることができるものであれば、任意のものを用いることができる。例えば、移送手段による移送先を複数の回収容器に分岐させておき、分岐部に設けたバルブを操作して切替えることができる。前記切替は、作業者が手動で行ってもよく、電磁弁などを用いて自動で行ってもよい。また、移送手段に接続する回収容器を入れ替えるすることにより切替を行ってもよい。前記回収容器の入れ替えについても、作業者が手動で行ってもよく、入れ替え手段により自動で行ってもよい。

【0060】

(第二の実施形態)

本発明の第二の実施形態における補修システムは、さらに、前記破碎装置にかかる負荷をモニターし、前記負荷に基づいて前記層ごとに破碎する範囲を調整する制御装置を備える。

【0061】

また、本発明の第二の実施形態における補修方法は、さらに、前記破碎工程における負荷を測定し、測定された負荷に基づいて前記層ごとに破碎する範囲を調整する制御工程を含む。

【0062】

上述したように耐火物層の表面にはビルドアップが付着している場合があるが、耐火物とビルドアップとは材質が異なるため、両者の物性(硬さなど)は異なっている。また、同じ耐火物層であっても、溶融金属が浸潤して劣化した部分(劣化層)と劣化していない部分(健全層)とでは、やはり物性が異なっている。そのため、除去の際に破碎装置にかかる負荷を測定することにより、現在除去している部分の物性の変化を知ることができ

10

20

30

40

50

る。したがって、前記負荷に基づいて耐火物層を除去する範囲を調整することにより、よりの確に除去を行うことができる。

【0063】

具体的な調整の方法はとくに限定されないが、例えば、負荷の変化に基づいて除去している部分の変化（例えば、ビルドアップ層から劣化層、劣化層から健全層）を検知し、それに基づいてその部位における除去の継続または終了を判定することもできる。また、他の例としては、予め適当な閾値を設定しており、負荷と前記閾値とを比較することによって現在除去している部位がビルドアップ層、劣化層、および健全層のいずれであるかを判別し、それに基づいてその層における除去の継続または終了を判定することもできる。

【0064】

このような調整を行うことにより、3次元形状の測定結果のみに基づいて除去を行う場合よりも一層的確なビルドアップ層や劣化層の除去が可能となることに加え、劣化していない耐火物層が除去される量をさらに低減することができる。

【0065】

例えば、深さ方向に一定の切込み量で工具を走査しながら除去する工程を、2パス（2回）またはそれ以上繰り返して行う場合には、1パス（1回）の走査が終了するごとに負荷の値を評価し、健全層に到達していると判断される場合には以降のパスを省略することもできる。

【0066】

なお、測定する負荷としては、破碎している部位の物性の変化が反映される部分の負荷であれば任意のものをを用いることができる。典型的には、破碎工具を駆動するアクチュエータにかかる負荷を使用することが好ましい。例えば、破碎工具をモータで回転させる場合には、前記モータにかかる負荷をモニターすることができる。前記モータが油圧モータであれば、油圧をモニターすればよい。

【0067】

（第三の実施形態）

本発明の第三の実施形態における補修システムは、さらに、前記構造物内面の色情報を取得する色情報取得装置を備え、前記演算装置は、前記3次元形状測定装置によって測定した3次元形状に加え、前記色情報取得装置により取得された色情報を考慮して前記複数の層を決定する。

【0068】

また、本発明の第三の実施形態における補修方法は、さらに、前記構造物内面の色情報を取得する色情報取得工程を含み、前記演算工程では、前記3次元形状測定工程で測定した3次元形状に加え、前記色情報取得工程で取得した色情報を考慮して前記複数の層を決定する。

【0069】

上述したように耐火物層の表面にはビルドアップが付着している場合があるが、耐火物とビルドアップとでは材質が異なるため、両者の色調は異なっている。また、同じ耐火物層であっても、劣化した部分（劣化層）と劣化していない部分（健全層）とでは、やはり色調が異なっている。例えば、劣化していない健全層は耐火物本来の色（典型的には明るい茶色）を保っているのに対して、熔融金属との接触により劣化した劣化層は金属に浸透により黒ずんだ色合いに変化している。そのため、構造物内面の色情報を取得することにより、当該部分の材質を知ることができる。したがって、演算を行って耐火物層を除去する範囲を決定する際に、3次元形状に加え、前記色情報を考慮することにより、よりの確に除去を行うことが可能となる。

【0070】

色情報を利用方法はとくに限定されないが、予め閾値を設定しておき、前記閾値と色情報とを比較して、当該部分がビルドアップ層、劣化層、および健全層のいずれであるかを判別することが好ましい。

【0071】

前記色情報取得装置としては、容器内面の色情報を取得することができる装置であれば任意のものを用いることができるが、典型的には、デジタルカメラを使用することができる。色情報取得装置を使用する場合には、該色情報取得装置と3次元形状の測定に用いる測定装置とは、別体であってもよいが、一体であってもよい。言い換えると、3次元形状の測定に用いる測定装置が色情報取得装置を兼ねていてもよい。例えば、3次元形状を測定するためのレーザースキャナの中には、カラー画像を撮影するデジタルカメラを内蔵しており、レーザースキャナによって得られる3次元点群データに含まれる各点に、色情報（RGB）をマッピングすることができるものがある。そのようなデジタルカメラ内蔵型レーザースキャナは、測定装置兼色情報取得装置として好適に用いることができる。

【0072】

色情報取得装置を使用する場合には、測定された3次元形状に基づいて1パス目の走査で容器内面に付着したビルドアップ層を除去し、その後、色情報取得装置で色情報を取得し、その結果に基づいて露出した表面が劣化層であるか健全層であるかを判定することもできる。それにより、色情報に基づいた判定結果を考慮して2パス目の除去量を決定することができる。

【0073】

（第四の実施形態）

本発明の第四の実施形態における補修システムは、さらに、前記分離回収装置によって回収された分画の少なくとも1つを、当該分画に含まれる破砕片の物性に基づいてさらに選別する選別装置を備える。

【0074】

また、本発明の第四の実施形態における補修方法は、さらに、前記分離回収装置によって回収された分画の少なくとも1つを、当該分画に含まれる破砕片の物性に基づいてさらに選別する選別工程を含む。

【0075】

先にも述べたように、層ごとに分離回収した分画は、異なる成分で構成されている。典型的には、表面側に位置する層であるビルドアップ層は、構造物を使用していた際に付着した酸化物などのスラグや、金属で構成されている。一方、前記ビルドアップ層の下に位置する劣化層は、耐火物が主成分であり、浸潤した金属が部分的に含まれている。

【0076】

したがって、分離回収工程で回収されたそれぞれの分画の中にも、耐火物と金属、スラグと金属のように、複数の成分が混在している。したがって、分離回収工程で得られた分画をさらに選別することによって、金属、スラグ、耐火物などの成分をさらに高い精度で分離することができる。このようにして分離、選別された破砕片は、一層広い用途での再利用が可能となる。

【0077】

前記選別装置としては、特に限定されることなく任意の装置を用いることができる。例えば、破砕片に含まれる金属が磁性体である場合には、磁力選別機を用いることで、磁性体である金属と、非磁性体であるスラグや耐火物を分離することができる。また、金属が非磁性体である場合は、比重選別機を用いればよい。2種類以上の選別機を組み合わせると選別精度を向上させることもできる。

【0078】

なお、回収した破砕片のサイズが大きく、そのまま選別機に投入することが難しい場合には、一旦破砕機を通して破砕片を細かく粉砕した上で選別を行うことが好ましい。

【0079】

次に、本発明のさらに好適な実施形態の一例について、以下、説明する。

【0080】

（1）使用開始（形状1）から使用終了（形状N）に至るまでの構造物内面の3次元形状（形状1～N）を測定しておく。

（2）前記測定で得た3次元形状の履歴に基づいてビルドアップ層と劣化層を層ごとに破

10

20

30

40

50

碎するための走査範囲を決定し、破碎工具を走査して容器内面のビルドアップ層を除去する（１パス目）。

（３）ビルドアップ層の破碎によって生じた破砕片を１つ目の回収容器に回収する。

（４）ビルドアップ層を破碎して除去した後の構造物内面の３次元形状（形状 $N+1$ ）を測定し、形状 N と形状 $N+1$ の差から、構造物内面の各部分が、２パス目の除去によって以下のいずれの状態になっているのかを判定する。

- A) ビルドアップ層と劣化層が一体で剥離した状態（健全層の表面が露出）
- B) ビルドアップ層のみ破碎した面（劣化層の表面が露出）
- C) 元々ビルドアップは付着していないが劣化層の剥離が発生した状態（健全層の表面が露出）
- D) 元々ビルドアップは付着しておらず剥離が発生していない状態（劣化層の表面が露出）

なお、ここで「剥離」とは、破碎時の振動などによって、破碎していない部分の層が剥離することを指す。

＊形状 N と形状 $N+1$ の差： $A > B > C > D$

＊形状 $N+1$ における凹み程度： $A \quad C > B \quad D$

健全層が露出しているかどうかの判定には、色情報を用いることもできる。

（５）上記の判定結果に基づいて、劣化層を除去するための走査範囲を決定し、破碎工具を走査して構造物内面を再度破碎する（２パス目）。その際、健全層が露出している部分は除去しない。

（６）劣化層を破碎して生じた破砕片を２台目の回収容器に回収する。

（７）上記（３）および（６）で回収したそれぞれの破砕片を、磁性や比重などの物性に応じて選別することで、金属、スラグ、耐火物を選別する。

10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

(72)発明者 日野 雄太

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 柏原 郁昭

(56)参考文献 特開2019-115916 (JP, A)

特開2022-165864 (JP, A)

特開2022-165865 (JP, A)

特開2002-206867 (JP, A)

特開2019-006940 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

F 2 7 D 1 / 1 6

F 2 7 D 2 1 / 0 0

F 2 7 D 2 5 / 0 0

F 2 7 D 1 / 0 0