

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-8893
(P2023-8893A)

(43)公開日 令和5年1月19日(2023.1.19)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
C 2 3 F 13/02 (2006.01)	C 2 3 F 13/02	A 4 K 0 6 0
C 2 3 F 13/10 (2006.01)	C 2 3 F 13/02	L
C 2 3 F 13/16 (2006.01)	C 2 3 F 13/10	A
C 2 3 F 13/18 (2006.01)	C 2 3 F 13/16	
	C 2 3 F 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 32 O L (全32頁)

(21)出願番号 特願2022-103834(P2022-103834)	(71)出願人 501204525 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(22)出願日 令和4年6月28日(2022.6.28)	
(31)優先権主張番号 特願2021-109233(P2021-109233)	
(32)優先日 令和3年6月30日(2021.6.30)	
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	
	(74)代理人 100098545 弁理士 阿部 伸一
	(74)代理人 100189717 弁理士 太田 貴章
	(72)発明者 高橋 一比古 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内
	Fターム(参考) 4K060 AA02 BA13 BA41 BA43 BA45 CA06 EA01 EA02 EA08 EA17 EB01 FA03

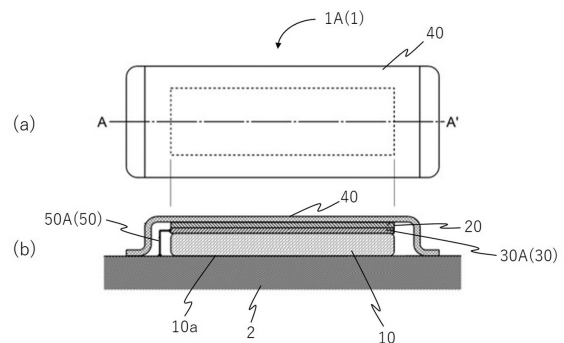
(54)【発明の名称】 疲労亀裂の進展抑制方法、及び疲労亀裂の進展抑制シート

(57)【要約】

【課題】電着析出物のくさび効果により、亀裂の進展を効果的に抑制する疲労亀裂の進展抑制方法、及び疲労亀裂の進展抑制シートを提供すること。

【解決手段】電解液が含まれる含水材10と、含水材10の外側に積層された電極材30とを備える疲労亀裂の進展抑制シート1を、構造物の金属母材2のうち疲労亀裂3が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所に含水材10が接した状態にて配置し湿潤環境を形成すること、電極材30と金属母材2とを直接又は導線50A、50Bを介し接続して金属母材2を陰極とする電位を付与すること、及び含水材10に二酸化炭素を供給することにより、金属母材2、含水材10、及び電極材30を含む電気化学的回路を形成させて疲労亀裂3内に電着析出物4を生じさせ、電着析出物4のくさび効果により疲労亀裂3の進展を抑制する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

電解液が含まれる含水材と、前記含水材の外側に積層された電極材とを備える疲労亀裂の進展抑制シートを、構造物の金属母材のうち疲労亀裂が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所に前記含水材が接した状態にて配置し湿潤環境を形成すること、
前記電極材と前記金属母材とを直接又は導線を介し接続して前記金属母材を陰極とする電位を付与すること、
及び前記含水材に二酸化炭素を供給することにより、
前記金属母材、前記含水材、及び前記電極材を含む電気化学的回路を形成させて前記疲労亀裂内に電着析出物を生じさせ、前記電着析出物のくさび効果により前記疲労亀裂の進展を抑制することを特徴とする疲労亀裂の進展抑制方法。

10

【請求項 2】

前記含水材を乾燥防止材で覆うことを特徴とする請求項 1 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

【請求項 3】

前記疲労亀裂の進展抑制シートは、前記含水材へ空気を導入する通気路が設けられているものを選定することを特徴とする請求項 2 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

【請求項 4】

前記疲労亀裂の進展抑制シートは、前記二酸化炭素が外部へ漏出可能に封入された炭酸剤を有し、前記炭酸剤から前記含水材に前記二酸化炭素が供給されるものを選定することを特徴とする請求項 2 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

20

【請求項 5】

前記含水材の厚みは、前記疲労亀裂の進展抑制シートの取替頻度及び前記金属母材の板厚の少なくともどちらか一方に基づいて設定することを特徴とする請求項 1 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

【請求項 6】

前記金属母材のうち前記疲労亀裂が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所に塗膜を形成し、
前記塗膜の表面に前記疲労亀裂の進展抑制シートを配置することを特徴とする請求項 1 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

30

【請求項 7】

前記疲労亀裂が前記金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、
前記他方の面における前記疲労亀裂の開口部に前記疲労亀裂の進展抑制シートを配置し、
前記一方の面における前記疲労亀裂の開口部は空気が出入可能な状態とすることを特徴とする請求項 1 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

【請求項 8】

前記一方の面における前記疲労亀裂の開口部を、通気性を有しない非通気性膜材で一部覆うか、又は通気性を有する通気性膜材で全体を覆うことを特徴とする請求項 7 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

40

【請求項 9】

前記疲労亀裂が前記金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、
前記他方の面における前記疲労亀裂の開口部に、前記含水材が前記乾燥防止材で覆われた前記疲労亀裂の進展抑制シートを配置し、
前記一方の面における前記疲労亀裂の開口部に、前記二酸化炭素が外部へ漏出可能に封入された炭酸剤を配置することを特徴とする請求項 2 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

【請求項 10】

前記疲労亀裂が前記金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、

50

前記他方の面における前記疲労亀裂の開口部に、前記通気路又は前記炭酸剤を有する前記疲労亀裂の進展抑制シートを配置し、

前記一方の面における前記疲労亀裂の開口部の全体を、通気性を有しない非通気性膜材で覆うことを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

【請求項 1 1】

前記疲労亀裂が前記金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、

前記一方の面における前記疲労亀裂の開口部と前記他方の面における前記疲労亀裂の開口部に、前記通気路又は前記炭酸剤を有する前記疲労亀裂の進展抑制シートをそれぞれ配置することを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

10

【請求項 1 2】

前記金属母材に配置した前記疲労亀裂の進展抑制シートを加熱することを特徴とする請求項 1 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

【請求項 1 3】

前記疲労亀裂の進展抑制シートの配置によって形成された前記電気化学的回路による電気防食作用により、前記金属母材のうち前記疲労亀裂が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所、及びその周辺部である前記疲労亀裂が生じていない箇所又は生じるおそれのない箇所の錆の発生を抑制することを特徴とする請求項 1 に記載の疲労亀裂の進展抑制方法。

【請求項 1 4】

電解液が含まれる含水材と、
前記含水材の外側に積層された電極材と、
構造物の金属母材を陰極とする電位を付与するため前記金属母材と前記電極材を接続するのに用いる接続材とを備え、

20

前記金属母材のうち疲労亀裂が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所に前記含水材が接した状態にて取り付けられ、前記含水材に二酸化炭素の供給を受けることにより前記金属母材、前記含水材、前記電極材及び前記接続材を含む電気化学的回路を形成させて前記疲労亀裂内に電着析出物を生じさせ、前記電着析出物のくさび効果により前記疲労亀裂の進展を抑制することを特徴とする疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 1 5】

前記含水材の含水率が 50% 以上であることを特徴とする請求項 1 4 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

30

【請求項 1 6】

前記含水材が乾燥防止材で覆われていることを特徴とする請求項 1 4 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 1 7】

前記含水材へ空気を導入する通気路を有することを特徴とする請求項 1 6 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 1 8】

前記通気路として、前記乾燥防止材に気体の二酸化炭素分子及び水蒸気を通し液体の水分子を通さない微小空孔が複数設けられていることを特徴とする請求項 1 7 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

40

【請求項 1 9】

前記通気路として、前記含水材及び前記電極材を厚み方向に貫通した複数の貫通孔が設けられていることを特徴とする請求項 1 7 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 2 0】

前記貫通孔は長孔形状であることを特徴する請求項 1 9 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 2 1】

前記含水材及び前記電極材はそれぞれ複数の小片の集合体であり、前記小片同士を離れた配列により前記通気路としての間隙が形成されていることを特徴とする請求項 1 7 に記

50

載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 22】

前記含水材の側面には、前記含水材から水及び水蒸気が外部へ漏出するのを抑制する側面乾燥防止材が設けられていることを特徴とする請求項 19 又は請求項 21 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 23】

前記二酸化炭素が外部へ漏出可能に封入された炭酸剤と、開口を有し前記炭酸剤を収納する炭酸剤収納体とを備えることを特徴とする請求項 16 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 24】

前記含水材を厚み方向に貫通した長孔形状の複数の貫通孔が設けられ、前記貫通孔に配置された前記炭酸剤収納体に前記炭酸剤が収納されていることを特徴とする請求項 23 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 25】

前記含水材及び前記電極材はそれぞれ複数の小片の集合体であり、前記小片同士を離れた配列により間隙が形成され、前記間隙に配置された前記炭酸剤収納体に前記炭酸剤が収納されていることを特徴とする請求項 23 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 26】

前記炭酸剤に電解質が含有されていることを特徴とする請求項 23 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 27】

前記炭酸剤収納体の前記開口に、開口面積を調節するための開口面積可変材、又は前記開口全体を覆うガス透過性の膜材が設けられていることを特徴とする請求項 23 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 28】

前記乾燥防止材は磁力と柔軟性を有したマグネットシートであり、前記マグネットシートを前記磁力により前記金属母材に取り付けた状態において、前記マグネットシートと前記金属母材との間には前記通気路となる隙間が生じることを特徴とする請求項 17 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 29】

前記含水材はジェル状であり、ジェル状の前記含水材が柔軟性を有する支持体によって支持されていることを特徴とする請求項 14 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 30】

前記電極材は、前記金属母材よりもイオン化傾向の大きい金属で構成された流電陽極であり、前記接続材は、前記流電陽極と前記金属母材を結ぶ導線であるか、又は前記流電陽極から延出し前記金属母材に接触する延出部であることを特徴とする請求項 14 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 31】

前記電極材は、耐食性金属で構成された耐久電極であり、前記接続材は、前記耐久電極と前記金属母材を結ぶ導線と、陰極を前記金属母材側として前記導線の途中に設けられた直流電源であることを特徴とする請求項 14 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【請求項 32】

前記疲労亀裂に対する加熱材として、前記乾燥防止材の内部、表面もしくは裏面に面状に配置された電熱線、又は前記乾燥防止材を覆うシート状ヒーターが備えられていることを特徴とする請求項 16 に記載の疲労亀裂の進展抑制シート。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、船舶、橋梁、車両、航空機、工作機械等の金属製の各種構造物に生じる疲労亀裂の進展抑制方法、及び、それに用いる疲労亀裂の進展抑制シートに関する。

【背景技術】

【0002】

船舶、橋梁、車両、航空機、工作機械等の各種構造物は、鉄、アルミニウム等の金属やそれらの合金（鋼、アルミニウム合金等）を材料とした構造部材により主として構成されているが、これらの金属製構造部材に繰り返し荷重が作用すると、金属疲労によって特にその応力集中部に亀裂を生じることがある。このような構造物の疲労亀裂は、時間が経過して荷重繰り返し数が増大すると共に徐々に進展し、亀裂長さが構造的な限界を超えると重大な損傷や事故に繋がる恐れがあるため、亀裂が十分短いうちに発見し、その進展を効果的に抑制あるいは停止させる方策を講じる必要がある。

10

ここで、特許文献1～3には、疲労亀裂の進展抑制方法が述べられており、母材の硬度以上の硬度を有する微細粒と粘性を有する油とが混合されたペーストを構造物表面に塗布し、構造物に亀裂が生じた際には亀裂内にペーストが流入し、微細粒のくさび効果により疲労亀裂の進展が抑制されることが記載されている。

【0003】

また、非特許文献1には、人工海水中に浸漬したTi-6Al-4V合金の試験片にカソード電位を負荷した状態で疲労亀裂伝播試験を行った場合、亀裂面には炭酸カルシウム、水酸化マグネシウム等の電着物が析出し、それら析出物のくさび効果により亀裂伝播の遅延効果が認められること、また、上記電着物は人工海水温度25℃の場合よりも80℃の場合の方が多量に析出し、その遅延効果が顕著となることが記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-28462号公報

【特許文献2】特開2009-214254号公報

【特許文献3】特開2015-85509号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】丹羽敏男、田中義久、高橋一比古、田村兼吉：海水中におけるカソード電位を負荷したTi-6Al-4V合金の疲労き裂伝播特性 大水深ライザーの材料選定に関する研究（第1報）、日本マリンエンジニアリング学会誌、41巻2号（2006）、pp.291-296.

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1～3に示された方法において微細粒が入り込めるのはその粒径以上に亀裂が開いた部分までであり、微細粒が入り込めない亀裂の先端部分には原理的にくさびを形成することができず、亀裂先端部ではくさび効果による亀裂進展抑制効果が作用しない。更に、ペーストは適度の流動性を有した粘性流体である必要があり、他の物体との接触や流体による圧力等の外的要因によって除去される可能性がある。特許文献2にはペーストを保護するための樹脂製防護膜についても記載されているが、樹脂製の防護膜を形成するには相応の手間と時間がかかるし、防護膜が耐え得る外圧には限界がある。

40

【0007】

一方、非特許文献1に記載されている電着析出物による亀裂の遅延現象は、海水中に浸漬した構造物に電気防食を施した場合などには起こり得るものだが、大気中のほぼ乾燥した状態で稼働する構造物に生じた亀裂の進展抑制については何ら記載が無い。

そこで本発明は、亀裂面上に電着析出物が生じるような十分な湿潤環境を含む電気化学的回路を、現場で簡便かつ局所限定的に形成してそのまま一定の期間保持し、生じさせた電着析出物のくさび効果により、従来は困難であった亀裂先端部においても亀裂の進展を

50

効果的に抑制することができる疲労亀裂の進展抑制方法、及び疲労亀裂の進展抑制シートを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

請求項1記載に対応した疲労亀裂の進展抑制方法においては、電解液が含まれる含水材と、含水材の外側に積層された電極材とを備える疲労亀裂の進展抑制シートを、構造物の金属母材のうち疲労亀裂が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所に含水材が接した状態にて配置し湿潤環境を形成すること、電極材と金属母材とを直接又は導線を介し接続して金属母材を陰極とする電位を付与すること、及び含水材に二酸化炭素を供給することにより、金属母材、含水材、及び電極材を含む電気化学的回路を形成させて疲労亀裂内に電着析出物を生じさせ、電着析出物のくさび効果により疲労亀裂の進展を抑制することを特徴とする。

10

請求項1に記載の本発明によれば、局所的な湿潤環境と電気化学的回路を現場で簡便に形成して疲労亀裂内に比較的短期間で電着析出物を生じさせることができるため、従来はくさびを形成することが困難であった亀裂先端部においても、生じた電着析出物のくさび効果により亀裂閉口を促進して疲労亀裂の進展を効果的に抑制することができる。また、金属母材が腐食しにくい金属であっても亀裂面上に生じる電着析出物をくさび物質として生成することが可能であるため、汎用性に優れている。また、粘性流体を用いる場合よりも外圧や接触に強く、施工性や耐環境性に優れている。

【0009】

20

請求項2記載の本発明は、含水材を乾燥防止材で覆うことを特徴とする。

請求項2に記載の本発明によれば、含水材が短期間で乾燥してしまうことを防止して、疲労亀裂内の湿潤状態を長期間にわたって保つことができる。

【0010】

請求項3記載の本発明は、疲労亀裂の進展抑制シートは、含水材へ空気を導入する通路が設けられているものを選定することを特徴とする。

請求項3に記載の本発明によれば、空気中に含まれる二酸化炭素が通路を介して含水材へ滞りなく供給されることにより、電着析出物を生じさせやすくできる。

【0011】

請求項4記載の本発明は、疲労亀裂の進展抑制シートは、二酸化炭素が外部へ漏出可能に封入された炭酸剤を有し、炭酸剤から含水材に二酸化炭素が供給されるものを選定することを特徴とする。

30

請求項4に記載の本発明によれば、炭酸剤により二酸化炭素を含水材へ供給し、電着析出物を生じさせやすくできる。

【0012】

請求項5記載の本発明は、含水材の厚みは、疲労亀裂の進展抑制シートの取替頻度及び金属母材の板厚の少なくともどちらか一方に基づいて設定することを特徴とする。

請求項5に記載の本発明によれば、含水材の厚さを適宜設定することにより、取り替えの必要頻度を調節することができる。また、含水材の厚みを金属母材の板厚に応じて設定することで、電着析出物を効果的に生じさせることができる。

40

【0013】

請求項6記載の本発明は、金属母材のうち疲労亀裂が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所に塗膜を形成し、塗膜の表面に疲労亀裂の進展抑制シートを配置することを特徴とする。

請求項6に記載の本発明によれば、含水材中の電解質が金属母材の表面などの不要な箇所に電着析出して浪費されるのを防ぐことができる。

【0014】

請求項7記載の本発明は、疲労亀裂が金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、他方の面における疲労亀裂の開口部に疲労亀裂の進展抑制シートを配置し、一方の面における疲労亀裂の開口部は空気が入り可能な状態とすることを特徴と

50

する。

請求項 7 に記載の本発明によれば、一方の面側から疲労亀裂内に取り込んだ空気が他方の面側に配置されている疲労亀裂の進展抑制シートに至ることで、空気に含まれる二酸化炭素が含水材に供給されるため、含水材に供給する二酸化炭素の量を確保して電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 1 5 】

請求項 8 に記載の本発明は、一方の面における疲労亀裂の開口部を、通気性を有しない非通気性膜材で一部覆うか、又は通気性を有する通気性膜材で全体を覆うことを特徴とする。

請求項 8 に記載の本発明によれば、開口部から放出される水蒸気の量を少なくして含水材の過度な乾燥を防止することができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 9 に記載の本発明は、疲労亀裂が金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、他方の面における疲労亀裂の開口部に、含水材が乾燥防止材で覆われた疲労亀裂の進展抑制シートを配置し、一方の面における疲労亀裂の開口部に、二酸化炭素が外部へ漏出可能に封入された炭酸剤を配置することを特徴とする。

請求項 9 に記載の本発明によれば、他方の面側の開口部に配置した含水材の乾燥を防止しつつ、一方の面側の開口部から二酸化炭素（炭酸ガス）を含水材に供給して電着析出物を生じさせることができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 10 に記載の本発明は、疲労亀裂が金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、他方の面における疲労亀裂の開口部に、通気路又は炭酸剤を有する疲労亀裂の進展抑制シートを配置し、一方の面における疲労亀裂の開口部の全体を、通気性を有しない非通気性膜材で覆うことを特徴とする。

請求項 10 に記載の本発明によれば、開口部から放出される水蒸気の量を少なくして含水材の過度な乾燥を防止しつつ、通気路又は炭酸剤から二酸化炭素を含水材に供給して電着析出物を生じさせることができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 11 に記載の本発明は、疲労亀裂が金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、一方の面における疲労亀裂の開口部と他方の面における疲労亀裂の開口部に、通気路又は炭酸剤を有する疲労亀裂の進展抑制シートをそれぞれ配置することを特徴とする。

請求項 11 に記載の本発明によれば、一方の面側と他方の面側の両方から疲労亀裂内における電着析出反応が促進され、生成された電着析出物によるくさび効果が生じることにより、疲労亀裂の進展をより一層抑制することができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 12 に記載の本発明は、金属母材に配置した疲労亀裂の進展抑制シートを加熱することを特徴とする。

請求項 12 に記載の本発明によれば、疲労亀裂の進展抑制シートを加熱することにより金属母材の疲労亀裂面を温めることができるため、冬季や寒冷地などにおいて低温により電着析出反応が抑制されてしまうことを防止できる。

【 0 0 2 0 】

請求項 13 に記載の本発明は、疲労亀裂の進展抑制シートの配置によって形成された電気化学的回路による電気防食作用により、金属母材のうち疲労亀裂が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所、及びその周辺部である疲労亀裂が生じていない箇所又は生じるおそれのない箇所での錆の発生を抑制することを特徴とする。

請求項 13 に記載の本発明によれば、疲労亀裂の進展抑制シートを設置した箇所は、疲労亀裂の周辺部も含めて電気防食作用により錆を生じにくくすることができるため、特に金属母材が腐食しやすい金属において有効な防錆手段となる。

【 0 0 2 1 】

10

20

30

40

50

請求項 1 4 記載に対応した疲労亀裂の進展抑制シートにおいては、電解液が含まれる含水材と、含水材の外側に積層された電極材と、構造物の金属母材を陰極とする電位を付与するため金属母材と電極材を接続するのに用いる接続材とを備え、金属母材のうち疲労亀裂が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所に含水材が接した状態にて取り付けられ、含水材に二酸化炭素の供給を受けることにより金属母材、含水材、電極材及び接続材を含む電気化学的回路を形成させて疲労亀裂内に電着析出物を生じさせ、電着析出物のくさび効果により疲労亀裂の進展を抑制することを特徴とする。

請求項 1 4 に記載の本発明によれば、局所的な湿潤環境と電気化学的回路を現場で簡便に形成して疲労亀裂内に比較的短期間で電着析出物を生じさせることができるため、従来はくさびを形成することが困難であった亀裂先端部においても、生じた電着析出物のくさび効果により亀裂閉口を促進して疲労亀裂の進展を効果的に抑制することができる。また、金属母材が腐食しにくい金属であっても亀裂面上に生じる電着析出物をくさび物質として生成することが可能であるため、汎用性に優れている。また、粘性流体を用いる場合よりも外圧や接触に強く、施工性や耐環境性に優れている。

10

【 0 0 2 2 】

請求項 1 5 記載の本発明は、含水材の含水率が 5 0 % 以上であることを特徴とする。

請求項 1 5 に記載の本発明によれば、電着析出物を生じさせるのに十分な疲労亀裂内の湿潤状態を短期間で作り出すことができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 6 記載の本発明は、含水材が乾燥防止材で覆われていることを特徴とする。

20

請求項 1 6 に記載の本発明によれば、含水材が短期間で乾燥してしまうことを防止して、疲労亀裂内の湿潤状態を長期間にわたって保つことができる。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 7 記載の本発明は、含水材へ空気を導入する通気路を有することを特徴とする。

請求項 1 7 に記載の本発明によれば、空気中に含まれる二酸化炭素が通気路を介して含水材へ滞りなく供給されることにより、電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 2 5 】

請求項 1 8 記載の本発明は、通気路として、乾燥防止材に気体の二酸化炭素分子及び水蒸気を通し液体の水分子を通さない微小空孔が複数設けられていることを特徴とする。

30

請求項 1 8 に記載の本発明によれば、含水材の乾燥を抑制しつつ、含水材へ供給する二酸化炭素の量を確保して電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 2 6 】

請求項 1 9 記載の本発明は、通気路として、含水材及び電極材を厚み方向に貫通した複数の貫通孔が設けられていることを特徴とする。

請求項 1 9 に記載の本発明によれば、空気が貫通孔を通過して疲労亀裂内に入り含水材へ二酸化炭素が滞りなく供給されるため、電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 2 7 】

請求項 2 0 記載の本発明は、貫通孔は長孔形状であることを特徴とする。

請求項 2 0 に記載の本発明によれば、疲労亀裂が当初の予想経路からはずれて進展した場合でも開口部の位置が貫通孔の範囲に収まり、空気が貫通孔を通過して疲労亀裂内へ入り含水材へ二酸化炭素が滞りなく供給されるため、電着析出物を生じさせやすくできる。

40

【 0 0 2 8 】

請求項 2 1 記載の本発明は、含水材及び電極材はそれぞれ複数の小片の集合体であり、小片同士を離れた配列により通気路としての間隙が形成されていることを特徴とする。

請求項 2 1 に記載の本発明によれば、空気が間隙を通過して疲労亀裂内へ入り含水材へ二酸化炭素が滞りなく供給されるため、電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 2 9 】

請求項 2 2 記載の本発明は、含水材の側面には、含水材から水及び水蒸気が外部へ漏出するのを抑制する側面乾燥防止材が設けられていることを特徴とする。

50

請求項 2 2 に記載の本発明によれば、貫通孔又は間隙が設けられていることにより含水材が乾燥しやすくなるが、側面乾燥防止材を設けることで、側面からの水分拡散を抑制して含水材の過度な乾燥を防止することができる。

【 0 0 3 0 】

請求項 2 3 に記載の本発明は、二酸化炭素が外部へ漏出可能に封入された炭酸剤と、開口を有し炭酸剤を収納する炭酸剤収納体とを備えることを特徴とする。

請求項 2 3 に記載の本発明によれば、炭酸剤から含水材へ二酸化炭素が滞りなく供給されるため、電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 3 1 】

請求項 2 4 に記載の本発明は、含水材を厚み方向に貫通した長孔形状の複数の貫通孔が設けられ、貫通孔に配置された炭酸剤収納体に炭酸剤が収納されていることを特徴とする。 10

請求項 2 4 に記載の本発明によれば、炭酸剤を疲労亀裂内に流入させ、又は炭酸剤から発生した二酸化炭素のみを疲労亀裂内に流入させ、電着析出物を生じさせやすくできる。また、貫通孔が長孔形状であることで、疲労亀裂が当初の予想経路からはずれて進展した場合でも開口部の位置を炭酸剤収納体の配置範囲に収めることができる。

【 0 0 3 2 】

請求項 2 5 に記載の本発明は、含水材及び電極材はそれぞれ複数の小片の集合体であり、小片同士を離れた配列により間隙が形成され、間隙に配置された炭酸剤収納体に炭酸剤が収納されていることを特徴とする。

請求項 2 5 に記載の本発明によれば、炭酸剤を疲労亀裂内に流入させ、又は炭酸剤から発生した二酸化炭素のみを疲労亀裂内に流入させ、電着析出物を生じさせやすくできる。 20

【 0 0 3 3 】

請求項 2 6 に記載の本発明は、炭酸剤に電解質が含有されていることを特徴とする。

請求項 2 6 に記載の本発明によれば、電界析出物を更に生じさせやすくできる。

【 0 0 3 4 】

請求項 2 7 に記載の本発明は、炭酸剤収納体の開口に、開口面積を調節するための開口面積可変材、又は開口全体を覆うガス透過性の膜材が設けられていることを特徴とする。

請求項 2 7 に記載の本発明によれば、炭酸剤から含水材へ供給される一定期間内の二酸化炭素量を適切なものとすることができる。

【 0 0 3 5 】

請求項 2 8 に記載の本発明は、乾燥防止材は磁力と柔軟性を有したマグネットシートであり、マグネットシートを磁力により金属母材に取り付けた状態において、マグネットシートと金属母材との間には通気路となる隙間が生じることを特徴とする。 30

請求項 2 8 に記載の本発明によれば、乾燥防止材の着脱が容易であり、繰り返し使用することもできる。また、乾燥防止材と金属母材との間に作用する磁力（吸引力）によって、間に挟まれた含水材には常に一定の押圧力が作用するため、疲労亀裂内への水分浸透がより促進され、湿潤状態が形成されやすくなる。また、乾燥防止材と金属母材との間に隙間があることで、乾燥防止材の内側に空気が入り含水材への二酸化炭素の供給量を確保できるため、電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 3 6 】

請求項 2 9 に記載の本発明は、含水材はジェル状であり、ジェル状の含水材が柔軟性を有する支持体によって支持されていることを特徴とする。 40

請求項 2 9 に記載の本発明によれば、含水材の取扱いが容易になる。また、含水材が保有する電解質の流動性が小さくなるため、開口部の位置に関わらず含水材を取り付けやすくなる。

【 0 0 3 7 】

請求項 3 0 に記載の本発明は、電極材は、金属母材よりもイオン化傾向の大きい金属で構成された流電陽極であり、接続材は、流電陽極と金属母材を結ぶ導線であるか、又は流電陽極から延出し金属母材に接触する延出部であることを特徴とする。

請求項 3 0 に記載の本発明によれば、金属母材、含水材、流電陽極、及び接続材が全体 50

として電気化学的回路を形成し、金属母材に生じた疲労亀裂内における電着析出反応を促進し、電着析出物のくさび効果による亀裂進展抑制作用を発現することができる。

【0038】

請求項31記載の本発明は、電極材は、耐食性金属で構成された耐久電極であり、接続材は、耐久電極と金属母材を結ぶ導線と、陰極を金属母材側として導線の途中に設けられた直流電源であることを特徴とする。

請求項31に記載の本発明によれば、金属母材、含水材、耐久電極、及び接続材が全体として電気化学的回路を形成し、金属母材に生じた疲労亀裂内における電着析出反応を促進し、電着析出物のくさび効果による亀裂進展抑制作用を発現することができる。

【0039】

請求項32記載の本発明は、疲労亀裂に対する加熱材として、乾燥防止材の内部、表面もしくは裏面に面状に配置された電熱線、又は乾燥防止材を覆うシート状ヒーターが備えられていることを特徴とする。

請求項32に記載の本発明によれば、疲労亀裂の進展抑制シートを加熱することにより金属母材の疲労亀裂面を温めることができるため、冬季や寒冷地などにおいて低温により電着析出反応が抑制されてしまうことを防止できる。

【発明の効果】

【0040】

本発明の疲労亀裂の進展抑制方法によれば、局所的な湿潤環境と電気化学的回路を現場で簡便に形成して疲労亀裂内に比較的短時間で電着析出物を生じさせることができるため、従来はくさびを形成することが困難であった亀裂先端部においても、生じた電着析出物のくさび効果により亀裂閉口を促進して疲労亀裂の進展を効果的に抑制することができる。また、金属母材が腐食しにくい金属であっても亀裂面上に生じる電着析出物をくさび物質として生成することが可能であるため、汎用性に優れている。また、粘性流体を用いる場合よりも外圧や接触に強く、施工性や耐環境性に優れている。

【0041】

また、含水材を乾燥防止材で覆う場合には、含水材が短時間で乾燥してしまうことを防止して、疲労亀裂内の湿潤状態を長期間にわたって保つことができる。

【0042】

また、疲労亀裂の進展抑制シートは、含水材へ空気を導入する通気路が設けられているものを選定する場合には、空気中に含まれる二酸化炭素が通気路を介して含水材へ滞りなく供給されることにより、電着析出物を生じさせやすくできる。

【0043】

また、疲労亀裂の進展抑制シートは、二酸化炭素が外部へ漏出可能に封入された炭酸剤を有し、炭酸剤から含水材に二酸化炭素が供給されるものを選定する場合には、炭酸剤により二酸化炭素を含水材へ供給し、電着析出物を生じさせやすくできる。

【0044】

また、含水材の厚みは、疲労亀裂の進展抑制シートの取替頻度及び金属母材の板厚の少なくともどちらか一方に基づいて設定する場合には、含水材の厚さを適宜設定することにより、取り替えの必要頻度を調節することができる。また、含水材の厚みを金属母材の板厚に応じて設定することで、電着析出物を効果的に生じさせることができる。

【0045】

また、金属母材のうち疲労亀裂が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所に塗膜を形成し、塗膜の表面に疲労亀裂の進展抑制シートを配置する場合には、含水材中の電解質が金属母材の表面などの不要な箇所に電着析出して浪費されるのを防ぐことができる。

【0046】

また、疲労亀裂が金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、他方の面における疲労亀裂の開口部に疲労亀裂の進展抑制シートを配置し、一方の面における疲労亀裂の開口部は空気が入り可能な状態とする場合には、一方の面側から疲労亀裂内に取り込んだ空気が他方の面側に配置されている疲労亀裂の進展抑制シートに至るこ

10

20

30

40

50

とで、空気に含まれる二酸化炭素が含水材に供給されるため、含水材に供給する二酸化炭素の量を確保して電着析出物を生じさせやすくできる。

【0047】

また、一方の面における疲労亀裂の開口部を、通気性を有しない非通気性膜材で一部覆うか、又は通気性を有する通気性膜材で全体を覆う場合には、開口部から放出される水蒸気の量を少なくして含水材の過度な乾燥を防止することができる。

【0048】

また、疲労亀裂が金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、他方の面における疲労亀裂の開口部に、含水材が乾燥防止材で覆われた疲労亀裂の進展抑制シートを配置し、一方の面における疲労亀裂の開口部に、二酸化炭素が外部へ漏出可能に封入された炭酸剤を配置する場合には、他方の面側の開口部に配置した含水材の乾燥を防止しつつ、一方の面側の開口部から二酸化炭素（炭酸ガス）を含水材に供給して電着析出物を生じさせることができる。

10

【0049】

また、疲労亀裂が金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、他方の面における疲労亀裂の開口部に、通気路又は炭酸剤を有する疲労亀裂の進展抑制シートを配置し、一方の面における疲労亀裂の開口部の全体を、通気性を有しない非通気性膜材で覆う場合には、開口部から放出される水蒸気の量を少なくして含水材の過度な乾燥を防止しつつ、通気路又は炭酸剤から二酸化炭素を含水材に供給して電着析出物を生じさせることができる。

20

【0050】

また、疲労亀裂が金属母材を一方の面から他方の面にかけて貫通している場合において、一方の面における疲労亀裂の開口部と他方の面における疲労亀裂の開口部に、通気路又は炭酸剤を有する疲労亀裂の進展抑制シートをそれぞれ配置する場合には、一方の面側と他方の面側の両方から疲労亀裂内における電着析出反応が促進され、生成された電着析出物によるくさび効果が生じることにより、疲労亀裂の進展をより一層抑制することができる。

【0051】

また、金属母材に配置した疲労亀裂の進展抑制シートを加熱する場合には、疲労亀裂の進展抑制シートを加熱することにより金属母材の疲労亀裂面を温めることができるため、冬季や寒冷地などにおいて低温により電着析出反応が抑制されてしまうことを防止できる。

30

【0052】

また、疲労亀裂の進展抑制シートの配置によって形成された電気化学的回路による電気防食作用により、金属母材のうち疲労亀裂が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所、及びその周辺部である疲労亀裂が生じていない箇所又は生じるおそれのない箇所での錆の発生を抑制する場合には、疲労亀裂の進展抑制シートを設置した箇所は、疲労亀裂の周辺部も含めて電気防食作用により錆を生じにくくすることができるため、特に金属母材が腐食しやすい金属において有効な防錆手段となる。

【0053】

本発明の疲労亀裂の進展抑制シートによれば、局所的な湿潤環境と電気化学的回路を現場で簡便に形成して疲労亀裂内に比較的短時間で電着析出物を生じさせることができるため、従来はくさびを形成することが困難であった亀裂先端部においても、生じた電着析出物のくさび効果により亀裂閉口を促進して疲労亀裂の進展を効果的に抑制することができる。また、金属母材が腐食しにくい金属であっても亀裂面上に生じる電着析出物をくさび物質として生成することが可能であるため、汎用性に優れている。また、粘性流体を用いる場合よりも外圧や接触に強く、施工性や耐環境性に優れている。

40

【0054】

また、含水材の含水率が50%以上である場合には、電着析出物を生じさせるのに十分な疲労亀裂内の湿潤状態を短時間で作り出すことができる。

50

【 0 0 5 5 】

また、含水材が乾燥防止材で覆われている場合には、含水材が短期間で乾燥してしまうことを防止して、疲労亀裂内の湿潤状態を長期間にわたって保つことができる。

【 0 0 5 6 】

また、含水材へ空気を導入する通気路を有する場合には、空気中に含まれる二酸化炭素が通気路を介して含水材へ滞りなく供給されることにより、電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 5 7 】

また、通気路として、乾燥防止材に気体の二酸化炭素分子及び水蒸気を通し液体の水分子を通さない微小空孔が複数設けられている場合には、含水材の乾燥を抑制しつつ、含水材へ供給する二酸化炭素の量を確保して電着析出物を生じさせやすくできる。

10

【 0 0 5 8 】

また、通気路として、含水材及び電極材を厚み方向に貫通した複数の貫通孔が設けられている場合には、空気が貫通孔を通して疲労亀裂内に入り含水材へ二酸化炭素が滞りなく供給されるため、電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 5 9 】

また、貫通孔は長孔形状である場合には、疲労亀裂が当初の予想経路からはずれて進展した場合でも開口部の位置が貫通孔の範囲に収まり、空気が貫通孔を通して疲労亀裂内へ入り含水材へ二酸化炭素が滞りなく供給されるため、電着析出物を生じさせやすくできる。

20

【 0 0 6 0 】

また、含水材及び電極材はそれぞれ複数の小片の集合体であり、小片同士を離れた配列により通気路としての間隙が形成されている場合には、空気が間隙を通して疲労亀裂内へ入り含水材へ二酸化炭素が滞りなく供給されるため、電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 6 1 】

また、含水材の側面には、含水材から水及び水蒸気が外部へ漏出するのを抑制する側面乾燥防止材が設けられている場合には、貫通孔又は間隙が設けられていることにより含水材が乾燥しやすくなるが、側面乾燥防止材を設けることで、側面からの水分拡散を抑制して含水材の過度な乾燥を防止することができる。

30

【 0 0 6 2 】

また、二酸化炭素が外部へ漏出可能に封入された炭酸剤と、開口を有し炭酸剤を収納する炭酸剤収納体とを備える場合には、炭酸剤から含水材へ二酸化炭素が滞りなく供給されるため、電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 6 3 】

また、含水材を厚み方向に貫通した長孔形状の複数の貫通孔が設けられ、貫通孔に配置された炭酸剤収納体に炭酸剤が収納されている場合には、炭酸剤を疲労亀裂内に流入させ、又は炭酸剤から発生した二酸化炭素のみを疲労亀裂内に流入させ、電着析出物を生じさせやすくできる。また、貫通孔が長孔形状であることで、疲労亀裂が当初の予想経路からはずれて進展した場合でも開口部の位置を炭酸剤収納体の配置範囲に収めることができる。

40

【 0 0 6 4 】

また、含水材及び電極材はそれぞれ複数の小片の集合体であり、小片同士を離れた配列により間隙が形成され、間隙に配置された炭酸剤収納体に炭酸剤が収納されている場合には、炭酸剤を疲労亀裂内に流入させ、又は炭酸剤から発生した二酸化炭素のみを疲労亀裂内に流入させ、電着析出物を生じさせやすくできる。

【 0 0 6 5 】

また、炭酸剤に電解質が含有されている場合には、電界析出物を更に生じさせやすくできる。

【 0 0 6 6 】

50

また、炭酸剤収納体の開口に、開口面積を調節するための開口面積可変材、又は開口全体を覆うガス透過性の膜材が設けられている場合には、炭酸剤から含水材へ供給される一定期間内の二酸化炭素量を適切なものとすることができる。

【 0 0 6 7 】

また、乾燥防止材は磁力と柔軟性を有したマグネットシートであり、マグネットシートを磁力により金属母材に取り付けた状態において、マグネットシートと金属母材との間には通気路となる隙間が生じる場合には、乾燥防止材の着脱が容易であり、繰り返し使用することもできる。また、乾燥防止材と金属母材との間に作用する磁力（吸引力）によって、間に挟まれた含水材には常に一定の押圧力が作用するため、疲労亀裂内への水分浸透がより促進され、湿潤状態が形成されやすくなる。また、乾燥防止材と金属母材との間に隙間があることで、乾燥防止材の内側に空気が入り含水材への二酸化炭素の供給量を確保できるため、電着析出物を生じさせやすくなる。

10

【 0 0 6 8 】

また、含水材はジェル状であり、ジェル状の含水材が柔軟性を有する支持体によって支持されている場合には、含水材の取扱いが容易になる。また、含水材が保有する電解質の流動性が小さくなるため、開口部の位置に関わらず含水材を取り付けやすくなる。

【 0 0 6 9 】

また、電極材は、金属母材よりもイオン化傾向の大きい金属で構成された流電陽極であり、接続材は、流電陽極と金属母材を結ぶ導線であるか、又は流電陽極から延出し金属母材に接触する延出部である場合には、金属母材、含水材、流電陽極、及び接続材が全体として電気化学的回路を形成し、金属母材に生じた疲労亀裂内における電着析出反応を促進し、電着析出物のくさび効果による亀裂進展抑制作用を発現することができる。

20

【 0 0 7 0 】

また、電極材は、耐食性金属で構成された耐久電極であり、接続材は、耐久電極と金属母材を結ぶ導線と、陰極を金属母材側として導線の途中に設けられた直流電源である場合には、金属母材、含水材、耐久電極、及び接続材が全体として電気化学的回路を形成し、金属母材に生じた疲労亀裂内における電着析出反応を促進し、電着析出物のくさび効果による亀裂進展抑制作用を発現することができる。

【 0 0 7 1 】

また、疲労亀裂に対する加熱材として、乾燥防止材の内部、表面もしくは裏面に面状に配置された電熱線、又は乾燥防止材を覆うシート状ヒーターが備えられている場合には、疲労亀裂の進展抑制シートを加熱することにより金属母材の疲労亀裂面を温めることができるため、冬季や寒冷地などにおいて低温により電着析出反応が抑制されてしまうことを防止できる。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 2 】

【 図 1 】 母材に生じた亀裂の形態の例を示す断面図

【 図 2 】 本発明の実施形態による疲労亀裂の進展抑制シートの第一例の模式図

【 図 3 】 同第一例の疲労亀裂の進展抑制シートを適用した場合の電着析出反応の模式図

【 図 4 】 同疲労亀裂の進展抑制シートの第二例の模式図

40

【 図 5 】 同第二例の疲労亀裂の進展抑制シートを適用した場合の電着析出反応の模式図

【 図 6 】 同疲労亀裂の進展抑制シートの第三例の模式図

【 図 7 】 同疲労亀裂の進展抑制シートの第四例の模式図

【 図 8 】 同疲労亀裂の進展抑制シートの第五例の模式図

【 図 9 】 同疲労亀裂の進展抑制シートの第六例の模式図

【 図 1 0 】 同疲労亀裂の進展抑制シートの第七例の模式図

【 図 1 1 】 同第一の適用形態を疲労亀裂も含めて示した模式図

【 図 1 2 】 同第八の適用形態を疲労亀裂も含めて示した模式図

【 図 1 3 】 疲労亀裂進展試験に用いた試験片を示す図

【 図 1 4 】 同実施例 1 及び 2 における疲労亀裂の進展抑制シートの模式図

50

【図 1 5】同実施例 2 における疲労亀裂の進展抑制シートの外観写真

【図 1 6】同比較例及び両実施例についての疲労亀裂進展試験の結果として亀裂進展曲線を示す図

【図 1 7】同比較例、実施例 1 及び実施例 2 の破面の拡大写真

【発明を実施するための形態】

【0073】

以下に、本発明の実施形態による疲労亀裂の進展抑制方法、及び疲労亀裂の進展抑制シートについて説明する。

図 1 は母材に生じた亀裂の形態の例を示す断面図であり、図 1 (a) は貫通亀裂、図 1 (b) は非貫通亀裂を示している。図 2 は本実施形態による疲労亀裂の進展抑制シートの第一例の模式図であり、図 2 (a) は平面図、図 2 (b) は A - A ' 断面図である。

第一例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 (1 A) は、電解液が含まれる高含水率の含水材 1 0 と、含水材 1 0 を支持する柔軟な支持体 2 0 と、含水材 1 0 の外側に積層された電極材 3 0 と、含水材 1 0、支持体 2 0 及び電極材 3 0 を覆う乾燥防止材 4 0 (シート手段) と、構造物の金属母材 2 を陰極とする電位を付与するため金属母材 2 と電極材 3 0 を接続するのに用いる接続材 5 0 を備える。

上述の通り、金属や合金を材料とした構造部材 (金属母材 2) により主として構成されている船舶等の各種構造物は、金属母材 2 に繰り返し荷重が作用すると、金属疲労によって特にその応力集中部に亀裂を生じることがある。

図 1 (a) に示す疲労亀裂 3 は、構造物の金属母材 2 の一方の面 (表側) 2 a から他方の面 (裏側) 2 b まで貫通した貫通亀裂である。したがって疲労亀裂 3 の開口部は両側に形成され、表側の開口部 3 a と裏側の開口部 3 b である。

図 1 (b) に示す疲労亀裂 3 は、構造物の金属母材 2 の一方の面 (表側) 2 a に生じ、他方の面 (裏側) 2 b まで至っていない非貫通亀裂である。したがって疲労亀裂 3 の開口部は、表側に形成された開口部 3 a のみである。

疲労亀裂の進展抑制シート 1 (亀裂進展抑制シート) は、金属母材 2 のうち疲労亀裂 3 が生じた箇所、又は生じるおそれのある箇所に配置する。

【0074】

疲労亀裂の進展抑制方法、及び疲労亀裂の進展抑制シート 1 の適用対象となる金属母材 2 は、鉄、鋼、アルミニウム合金、又はチタン合金など、疲労亀裂 3 が問題となる構造用金属であって、導電性を有するものである。適用する主な構造部位としては、切欠き部、溶接部等の応力集中部 (疲労亀裂 3 の発生が予想される箇所) が挙げられる。

疲労亀裂の進展抑制方法においては、含水材 1 0 の底面 1 0 a が金属母材 2 に生じる疲労亀裂の開口部 3 a、3 b を覆うよう、疲労亀裂の進展抑制シート 1 を金属母材 2 に配置し十分な湿潤環境を形成すること、電極材 3 0 と金属母材 2 とを接続して金属母材 2 を陰極とする電位を付与すること、及び含水材 1 0 に二酸化炭素を供給することにより、金属母材 2、含水材 1 0、及び電極材 3 0 を含む電気化学的回路を形成させて疲労亀裂 3 内に電着析出物 4 (図 3、5 参照) を生じさせ、電着析出物 4 のくさび効果により疲労亀裂 3 の進展を抑制する。

また、疲労亀裂の進展抑制シート 1 の配置によって形成された電気化学的回路による電気防食作用により、金属母材 2 のうち疲労亀裂 3 が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所、及びその周辺部である疲労亀裂 3 が生じていない箇所又は生じるおそれのない箇所の錆の発生が抑制される。これにより、疲労亀裂の進展抑制シート 1 を設置した箇所は、疲労亀裂 3 の周辺部も含めて電気防食作用により錆を生じにくくすることができるため、特に金属母材 2 が腐食しやすい金属において有効な防錆手段となる。

【0075】

含水材 1 0 は、疲労亀裂 3 内の局所的な湿潤状態を作り出す。含水材 1 0 は、含水率が 5 0 % 以上の高含水率のものであり、適用対象となる金属母材 2 の表面に隙間なくフィットする柔軟性と、適度の粘着性を有することが好ましい。含水材 1 0 が高含水率であることにより、電着析出物 4 を生じさせるのに十分な湿潤状態を疲労亀裂 3 内に短期間で作り

出すことができる。

また、含水材 10 は、ジェル状であることが好ましい。これにより、含水材 10 の取扱いが容易になると共に含水材 10 が保有する水の流動性が小さくなるため、例えば、鉛直面に生じた開口部 3 a、3 b に対して横から含水材 10 を貼り付けたり、水平に延びる開口部 3 a、3 b に対して下方から含水材 10 を貼り付けたりするなど、開口部 3 a、3 b の位置に関わらず疲労亀裂の進展抑制シート 1 を貼付することができる。さらに、ジェル状とすることにより、含水材 10 に柔軟性と適度の粘着性を持たせ易くなる。なお、含水材 10 に含ませる水は必ずしも純水である必要はない。

【0076】

支持体 20 は、含水材 10 を支持する。これにより、含水材 10 を開口部 3 a、3 b に貼り付けた状態を安定的に保つことができる。 10

支持体 20 は、3次元曲面を成す金属母材 2（溶接部を含む）の表面にも隙間なくフィットするように、3次元柔軟性のある材料で構成され適度の柔軟性を有することが好ましく、施工時に破れたりしないための適度な強度を有することがさらに好ましい。

疲労回復用の冷却ジェルシートとして市販されているものは、高含水率の含水ジェルを柔軟な織物状の支持体で支える構造となっており、そのまま含水材 10 及び支持体 20 として利用できる場合がある。この例として、ライオン株式会社の製品「足すっきりシート 休足時間（登録商標）」や「冷えピタ（登録商標）8時間冷却」が挙げられ、これらの製品は、高分子を網目状（スポンジ状）にして内部に水分を取り込んだ同社製の高含水ジェル P A C - 5 5（含水率はメーカー表示値 85%）を柔軟な織物状の支持体で支える構造 20 となっている。但し、後述する通気路の性能や使用環境条件（特に湿度）によって定まる疲労亀裂の進展抑制シート 1 の貼り替え頻度に応じて、含水材 10 の厚さは適宜設定することが好ましい。

【0077】

含水材 10 に含ませる液体（電解液）としては、以下に例示するように、容易に電気化学的回路を形成して亀裂面上に電着物を析出しやすいものを選定する。

（1）電気化学的回路を形成する液体：塩化ナトリウム（食塩）水溶液（濃度 1～3% 程度）、塩化カリウム水溶液を始め、無機ハロゲン化合物水溶液など。

（2）亀裂面上に電着物を析出しやすい液体：塩化マグネシウム、硫酸マグネシウム、硫酸カルシウム、塩化カリウム等、無機塩類の水溶液など。 30

（3）上記塩化ナトリウム水溶液と無機塩類等を併せた人工海水など。

【0078】

乾燥防止材 40 は、シート状であり含水材 10 等を覆うのに用いる。これにより、含水材 10 の水分が外部に拡散し含水材 10 が短期間で乾燥してしまうことを防止して、疲労亀裂 3 内の湿潤状態を長期間にわたって保つことができる。

第一例における乾燥防止材 40 は、含水材 10 へ空気を導入する通気路の一つとなる微小空孔が設けられておらず通気性を有さない。但し、外部との通気を完全に遮断してしまうと疲労亀裂 3 内の二酸化炭素（CO₂）が欠乏して電着析出物 4 が生じにくくなるため、何らかの形で通気手段を設け一定の通気性を確保するなど、含水材 10 への CO₂ 供給を確保する必要がある。乾燥防止材 40 が通気性を有さない疲労亀裂の進展抑制シート 1 40 を用いる場合の含水材 10 への CO₂ 供給方法については後述する。

【0079】

疲労亀裂の進展抑制シート 1 を開口部 3 a、3 b に貼付した後は、時間の経過と共に含水材 10 が徐々に乾燥していくため、乾燥の程度に応じて疲労亀裂の進展抑制シート 1 を取り替える（貼り替える）ことが好ましい。これにより、亀裂の内部の湿潤環境を保持して電着析出物 4 を生じさせやすくできる。

この取り替えの必要頻度は、疲労亀裂の進展抑制シート 1 の種類や適用形態によって大きく異なるが、含水材 10 の厚さを適宜選定することにより、ある程度調節することが可能である。よって、疲労亀裂の進展抑制シート 1 の取替頻度に応じて含水材 10 の厚さを適宜設定することが好ましい。

更に、開口時の亀裂内容積は金属母材 2 の板厚にほぼ比例するため、含水材 1 0 の厚さは金属母材 2 の板厚に応じて比例的に増減することが好ましい。含水材 1 0 の厚みを金属母材 2 の板厚に応じて設定することで、電着析出物 4 を効果的に生じさせることができる。

また、疲労亀裂の進展抑制シート 1 は、金属母材 2 に直接貼付するよりも、まず金属母材 2 のうち疲労亀裂 3 が生じた箇所又は生じるおそれのある箇所に塗膜を形成し、形成した塗膜の表面に貼付することが好ましい。これにより、電着析出物 4 の生成を亀裂内に限定し、含水材 1 0 中の電解質が金属母材 2 の表面などの不要な箇所に電着析出して浪費されるのを防ぐことができる。

【 0 0 8 0 】

第一例における電極材 3 0 は、金属母材 2 よりもイオン化傾向の大きい（電氣的に卑な）金属で構成された流電陽極 3 0 A である。例えば、金属母材 2 が鋼であれば、流電陽極 3 0 A の層をマグネシウム合金や亜鉛の膜、又は同金属の粉を高濃度に包含した含水ジェルとする。流電陽極 3 0 A の層は、含水材 1 0 と支持体 2 0 との間に設けられている。なお、支持体 2 0 を設けない場合は、流電陽極 3 0 A の層を含水材 1 0 と乾燥防止材 4 0 との間に配置する。

本例の接続材 5 0 は、流電陽極 3 0 A と金属母材 2 との間を結ぶ導線 5 0 A である。導線 5 0 A は、一端が流電陽極 3 0 A の端部に接続され、他端が金属母材 2 に接続されている。こうすることにより、金属母材 2、含水材 1 0、流電陽極 3 0 A の層、導線 5 0 A が全体として電気化学的回路を形成し、金属母材 2 に生じた疲労亀裂 3 内における電着析出反応を促進するため、亀裂内析出物のくさび効果による亀裂進展抑制作用を促進することができる。

なお、支持体 2 0 が織物等の吸水性材料で形成されており、疲労亀裂の進展抑制シート 1 の使用中に支持体 2 0 が十分な含水状態となるような場合には、支持体 2 0 を含めた電気化学的回路の形成が可能となるため、流電陽極 3 0 A の層は支持体 2 0 の外側に設けてもよい。この場合は、図 1 における流電陽極 3 0 A の層と支持体 2 0 の位置関係が逆となる。

また、導線 5 0 A を用いずに、流電陽極 3 0 A の層を金属母材 2 の表面までそのまま伸ばした延出部 5 0 D（図 1 4 参照）を接続材 5 0 とし、流電陽極 3 0 A を金属母材 2 に直接接触させてもよい。

【 0 0 8 1 】

図 3 は第一例の疲労亀裂の進展抑制シートを適用した場合の電着析出反応の模式図である。

図 3 においては、金属母材 2 に生じた疲労亀裂 3 に疲労亀裂の進展抑制シート 1 A を適用した場合、疲労亀裂 3、及び疲労亀裂の進展抑制シート 1 A 周辺の各部位においてどのような化学反応が生じるかを模式的に示している。なお、乾燥防止材 4 0 は化学反応に直接寄与することはないため、ここでは図示を省略している。

疲労亀裂の進展抑制シート 1 A の含水材 1 0 には、各種の電解質を含む電解（水溶）液が含浸されており、金属母材 2 を含めた電気化学的回路が形成されるようになっている。以下に、各部位における反応について詳述する。

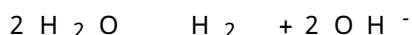
< 含水材 1 0 と大気境界面 >

大気中の二酸化炭素が含水材 1 0 中に取り込まれ、以下の反応が起こる。



< 電解液と金属母材 2（陰極）境界面（亀裂面を含む） >

含水材 1 0 中あるいは疲労亀裂 3 内の電解液に電子が作用し、以下の反応が起こる。



金属母材 2 の表面に塗膜 5 がある箇所ではこの反応は起こらない。

< 亀裂面 >

含水ジェル中の各種電解質イオン（この例ではカルシウム、マグネシウム等の金属イオン）が電解液中の炭酸水素イオンや水酸化物イオンと結合し、亀裂面上に電着物として析

10

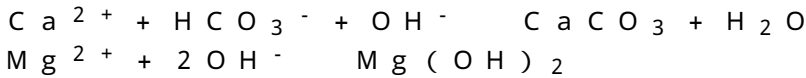
20

30

40

50

出する（図 3 中の符号 4：電着析出物）。



金属母材 2 の表面に塗膜 5 がある箇所ではこの反応は起こらない。

【0082】

図 4 は本実施形態による疲労亀裂の進展抑制シートの第二例の模式図であり、図 4 (a) は平面図、図 4 (b) は A - A ' 断面図である。なお、上記した疲労亀裂の進展抑制シートと同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

第二例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 (1 B) は、含水材 1 0 と、含水材 1 0 の外側に位置する電極材 3 0 と、電極材 3 0 の外側に位置する支持体 2 0 と、含水材 1 0、支持体 2 0 及び電極材 3 0 を覆う乾燥防止材 4 0 (通気性なし) と、接続材 5 0 を備える。 10

なお、支持体 2 0 が織物等の吸水性材料で形成されており、疲労亀裂の進展抑制シート 1 B の使用中に支持体 2 0 が十分な含水状態となるような場合には、支持体 2 0 を含めた電気化学的回路の形成が可能となるため、電極材 3 0 は支持体 2 0 の外側に設けてもよい。この場合は、図 4 における電極材 3 0 と支持体 2 0 の位置関係が逆となる。

【0083】

第二例における電極材 3 0 は、耐食性金属で構成された耐久電極 3 0 B である。耐久電極 3 0 B の層は、含水材 1 0 と支持体 2 0 との間に設けられている。なお、支持体 2 0 が無い場合は、耐久電極 3 0 B の層は、含水材 1 0 と乾燥防止材 4 0 との間に設ける。耐久電極 3 0 B の層には、腐食しにくい高耐食性金属の膜、又は同金属の粉を高濃度に包含した含水ジェルを用いる。 20

本例の接続材 5 0 は、耐久電極 3 0 B と金属母材 2 との間を結ぶ導線 5 0 B と、陰極を金属母材 2 側として導線 5 0 B の途中に設けられた直流電源 5 0 C である。導線 5 0 B の一端は、耐久電極 3 0 B の端部に接続されている。導線 5 0 B の他端は、金属母材 2 に接続されている。直流電流を流す直流電源 5 0 C は、導線 5 0 B の一端と他端との間に設けられている。このとき、直流電源 5 0 C の陰極が金属母材 2 側となるようにする。

こうすることにより、金属母材 2、含水材 1 0、耐久電極 3 0 B の層、導線 5 0 B、及び直流電源 5 0 C が全体として電気化学的回路を形成し、金属母材 2 に生じた疲労亀裂 3 内における電着析出反応を促進するため、亀裂内析出物のくさび効果による亀裂進展抑制作用を発現することができる。 30

【0084】

図 5 は第二例の疲労亀裂の進展抑制シートを適用した場合の電着析出反応の模式図である。

図 5 においては、金属母材 2 に生じた疲労亀裂 3 に疲労亀裂の進展抑制シート 1 B を適用した場合、疲労亀裂 3、及び疲労亀裂の進展抑制シート 1 B 周辺の各部位においてどのような化学反応が生じるかを模式的に示している。なお、乾燥防止材 4 0 は化学反応に直接寄与することはないため、ここでは図示を省略している。

疲労亀裂の進展抑制シート 1 B の含水材 1 0 には、各種の電解質を含む電解 (水溶) 液が含浸されており、金属母材 2 を含めた電気化学的回路が形成されるようになっている。各部位における反応については、上述した図 3 (第一例) の場合と同様である。 40

【0085】

図 6 は本実施形態による疲労亀裂の進展抑制シートの第三例の模式図であり、図 6 (a) は平面図、図 6 (b) は A - A ' 断面図である。なお、上記した疲労亀裂の進展抑制シートと同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

第三例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 (1 C) は、含水材 1 0 と、含水材 1 0 の外側に位置する電極材 3 0 としての流電陽極 3 0 A と、流電陽極 3 0 A の外側に位置する支持体 2 0 と、含水材 1 0、支持体 2 0 及び電極材 3 0 を覆う乾燥防止材 4 0 (通気性なし) と、接続材 5 0 としての導線 5 0 A を備える点は第一例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 A と同様であるが、さらに加熱材 6 0 を備える点において異なっている。

加熱材 6 0 は、ニクロム線等の電熱線 6 1 と、電圧可変の電源 6 2 と、スイッチ 6 3 を 50

有する。電熱線 6 1 は、乾燥防止材 4 0 内において満遍なく配置されるように複数回折り返して配置されている。電熱線 6 1 は、乾燥防止材 4 0 の内部、表面又は裏面に面状に配置し、電源 6 2 及びスイッチ 6 3 は、乾燥防止材 4 0 の外に配置する。

【 0 0 8 6 】

冬期や寒冷地など、金属母材 2 の設置環境が寒冷（概ね気温 1 0 未満）の場合における疲労亀裂の進展抑制シート 1 の適用に際して、金属母材 2 の疲労亀裂 3 の発生箇所が低温となり電着析出反応が抑制されてしまうようなときには、本例のように疲労亀裂の進展抑制シート 1 C に設けた加熱材 6 0 により、疲労亀裂 3 の発生箇所を適切な温度まで加熱することで、電着析出反応の抑制を防止できる。

なお、図示は省略するが、図 6 に示す構成に代えて、加熱材 6 0 をラバーヒーター等のシート状ヒーターとし、シート状ヒーターで乾燥防止材 4 0 を外側から覆う構成とすることもできる。

また、疲労亀裂の進展抑制シート 1 は湿潤環境で使用するため、加熱材 6 0 には、絶縁性に富んだ完全防水のものを用いることが好ましい。

また、乾燥防止材 4 0 の内側（特に疲労亀裂 3 の近傍）を電着析出反応に適した温度とするため、加熱材 6 0 の出力は電圧可変式の電源 6 2 等により適宜調節できるようにしておくことが好ましい。加熱温度の上限は、加熱材 6 0 の耐熱性、消費電力、及び周囲への温度の影響等を考慮して定める。

【 0 0 8 7 】

図 7 は本実施形態による疲労亀裂の進展抑制シートの第四例の模式図であり、図 7 (a) は平面図、図 7 (b) は A - A ' 断面図、図 7 (c) は B - B ' 断面図である。なお、上記した疲労亀裂の進展抑制シートと同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

第四例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 (1 D) は、含水材 1 0 と、含水材 1 0 の外側に位置する電極材 3 0 としての流電陽極 3 0 A と、流電陽極 3 0 A の層の外側に位置する支持体 2 0 と、含水材 1 0 、支持体 2 0 及び電極材 3 0 を覆う乾燥防止材 4 0 と、接続材 5 0 としての導線 5 0 A を備える。

疲労亀裂の進展抑制シート 1 D においては、含水材 1 0 へ空気を導入する通気路として、乾燥防止材 4 0 に形成されている多数の微小空孔と、含水材 1 0 、支持体 2 0 及び流電陽極 3 0 A を厚み方向に貫通した複数の貫通孔 1 1 を有する。これにより、空気が微小空孔及び貫通孔 1 1 を通って疲労亀裂 3 内に入り、空気中に含まれる二酸化炭素が含水材 1 0 へ滞りなく供給されるため、電着析出物 4 を生じさせやすくできる。

なお、通気路を設けることにより含水材 1 0 が乾燥しやすくなるため、貫通孔 1 1 に沿った含水材 1 0 の側面 1 0 b には水や水蒸気を通さない樹脂膜等の側面乾燥防止材を設けるなどして、含水材 1 0 の過度の乾燥を防止することが好ましい。

乾燥防止材 4 0 は、気体の C O ₂ 分子や水蒸気は通すが液体の水分子は通さないような微小空孔を多数有する柔軟な膜であることが好ましい。これにより、含水材 1 0 の乾燥を抑制しつつ、含水材 1 0 へ供給する二酸化炭素の量を確保して電着析出物 4 を生じさせやすくできる。このような膜の例としては、株式会社ニトムズ製の医療衛生用フィルム「優肌（登録商標）パーミロール（登録商標）HS」等が挙げられる。特に、半透明の樹脂製膜を用いることにより、支持体 2 0 の外観変化を乾燥防止材 4 0 の外側から観察することが可能となる。

【 0 0 8 8 】

第四例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 D の適用に当たっては、含水材 1 0 の底面 1 0 a が金属母材 2 に生じる疲労亀裂 3 の開口部 3 a 、 3 b を覆うように、また、亀裂の予想進展経路線（図 7 (a) における A - A ' 線）が、金属母材 2 に生じる疲労亀裂 3 の開口部 3 a 、 3 b に大凡沿うように、疲労亀裂の進展抑制シート 1 D を金属母材 2 又は金属母材 2 の表面に形成された塗膜 5 の表面に貼付する。

また、実際の疲労亀裂 3 は、当初の予想経路からはずれて進展することも多いので、当初の予想経路からはずれて進展した場合でも亀裂の開口部 3 a 、 3 b の位置が貫通孔 1 1 の範囲に収まり、疲労亀裂 3 ひいては含水材 1 0 への C O ₂ 供給が滞りなく行われるよう

10

20

30

40

50

に、貫通孔 11 の形状は A - A' 線（亀裂の予想進展経路線）と垂直な方向に適当な幅を有する長孔形状（スリット形状）とすることが好ましい。

また、亀裂の長さ及び亀裂進展速度に応じて、疲労亀裂の進展抑制シート 1D における貫通孔 11 と貫通孔 11 との間隔を設定することが好ましい。一般的には、亀裂が短く進展速度が小さい場合には貫通孔 11 同士の間隔を小さくし、亀裂が長く進展速度が大きい場合には貫通孔 11 同士の間隔を大きくするというように、亀裂の長さ及び亀裂進展速度に応じて貫通孔 11 同士の間隔を比例的に拡げたり狭めたりすることが好ましい。亀裂の状態に応じて貫通孔 11 同士の間隔を変えることで、二酸化炭素を効果的に亀裂内に供給して電着析出物 4 をより短期間で生じさせることができる。

【0089】

図 8 は本実施形態による疲労亀裂の進展抑制シートの第五例の模式図であり、図 8 (a) は平面図、図 8 (b) は B - B' 断面図である。なお、上記した疲労亀裂の進展抑制シートと同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

第五例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 (1E) は、含水材 10 と、含水材 10 の外側に位置する電極材 30 としての流電陽極 30A と、流電陽極 30A の層の外側に位置する支持体 20 と、含水材 10、支持体 20 及び電極材 30 を覆う乾燥防止材 40 と、接続材 50 としての導線 50A を備える。

含水材 10、支持体 20 及び電極材 30 は、それぞれ複数の小片からなる集合体としていている。小片は短冊状であり、含水材 10 の小片と支持体 20 の小片と電極材 30 の小片を各一つずつ積層したものを 1 セットとし、セット同士の間隔をあけて並べている。このように小片同士を離れた配列により、乾燥防止材 40 の内側においては厚み方向に複数の間隙 12 が形成されている。

流電陽極 30A の層において所定間隔で配列されている複数の小片は、B - B' 線上ですべて 1 本の導線 50A に連結され、導線 50A の一端は金属母材 2 に連結されている。

【0090】

疲労亀裂の進展抑制シート 1E においては、乾燥防止材 40 に形成されている多数の微小空孔と、複数の間隙 12 を、含水材 10 へ空気を導入する通気路としている。これにより、空気が微小空孔及び間隙 12 を通って疲労亀裂 3 内に入り、空気中に含まれる二酸化炭素が含水材 10 へ滞りなく供給されるため、電着析出物 4 を生じさせやすくできる。

なお、通気路を設けることにより含水材 10 が乾燥しやすくなるため、貫通孔 11 に沿った含水材 10 の側面 10b には水や水蒸気を通さない樹脂膜等の側面乾燥防止材を設けるなどして、側面 10b からの水分拡散を抑制して含水材 10 の過度の乾燥を防止することが好ましい。

【0091】

図 9 は本実施形態による疲労亀裂の進展抑制シートの第六例の模式図であり、図 9 (a) は平面図、図 9 (b) は A - A' 断面図、図 9 (c) は B - B' 断面図である。なお、上記した疲労亀裂の進展抑制シートと同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

第六例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 (1F) は、含水材 10 と、含水材 10 の外側に位置する電極材 30 としての流電陽極 30A と、流電陽極 30A の層の外側に位置する支持体 20 と、含水材 10、支持体 20 及び電極材 30 を覆う乾燥防止材 40 (通気性なし) と、接続材 50 としての導線 50A と、二酸化炭素 (炭酸ガス) が外部へ漏出可能に封入されたジェル状の炭酸剤 70 (炭酸ジェル) と、開口 80a を有し炭酸剤 70 を収納する炭酸剤収納体 80 (炭酸ジェル収納手段) を備える。

疲労亀裂の進展抑制シート 1F の含水材 10 には、厚み方向に貫通した貫通孔 11 が連続的に複数形成されており、各貫通孔 11 には含水材 10 の底面 10a 側に開口 80a を向けた炭酸剤収納体 80 がすっぽり嵌入されている。

炭酸剤収納体 80 のうち開口 80a の反対側の端部は上面 80b によって塞がれており、上面 80b の外面は流電陽極 30A の層に接着している。炭酸剤収納体 80 の内部には、ジェル状の炭酸剤 70 が充填されている。炭酸剤収納体 80 には、化学的安定性及び密閉性の高いポリエチレンやポリプロピレン等の樹脂を用いることが好ましい。

10

20

30

40

50

炭酸剤 70 から漏出した二酸化炭素は、炭酸剤収納体 80 の開口 80 a と疲労亀裂 3 内を經由して含水材 10 へ供給されるため、電着析出物 4 を生じさせやすくできる。また、炭酸剤 70 を炭酸剤収納体 80 に収納していることで、炭酸剤 70 を安定的に保持することができる。

炭酸剤 70 中には電着析出用の各種電解質を併せて含有させておくこともできる。これにより、疲労亀裂 3 内に電界析出物を更に生じさせやすくできる。

また、炭酸剤収納体 80 の開口 80 a には、開口面積を調節するための開口面積可変材か、又は開口 80 a 全体を覆うガス透過性の膜材を設けることが好ましい。これにより、一定時間内に疲労亀裂 3 内に入るジェル状の炭酸剤 70 又は二酸化炭素の量を調整し、含水材 10 への二酸化炭素の供給量を適切なものとする事ができる。開口面積可変材は、例えば、開口 80 a の一部を覆う蓋や、通気口を有し開口 80 a 全体を覆う蓋等である。

【0092】

炭酸剤収納体 80 への炭酸剤 70 の充填方法としては、1) 開口 80 a までジェル状又は流体の炭酸剤 70 を満たし、疲労亀裂 3 内に炭酸剤 70 が直接流入するようにする方法と、2) 開口 80 a とジェル状又は固体の炭酸剤 70 を収納した炭酸剤収納体 80 の底面との間に一定の空隙を設け、疲労亀裂 3 内には炭酸剤 70 から発生した二酸化炭素のみが流入するようにする方法の二種類が考えられる。いずれを用いるかは、適用する構造物の種類や稼働環境、対象となる疲労亀裂 3 の形態、及び疲労亀裂の進展抑制シート 1 F を使用する期間等を考慮して適宜選択することが好ましい。

なお、雨水等の環境要因や、貫通亀裂の場合に金属母材 2 の板裏側に貼付した他の疲労亀裂の進展抑制シート 1 の作用により、疲労亀裂 3 内が十分に湿潤状態となる場合には、疲労亀裂の進展抑制シート 1 F が必ずしも高含水率の含水材 10 を備える必要はなく、電解液が含まれる他の成型用軟質素材で代替することにより、疲労亀裂 3 内の局所的な湿潤状態を作り出す機能は持たない、機能を限定した「二酸化炭素供給シート」とすることも可能である。

【0093】

疲労亀裂の進展抑制シート 1 F の適用に当たっては、炭酸剤収納体 80 に炭酸剤 70 を充填した後、含水材 10 の底面 10 a が、金属母材 2 に生じる疲労亀裂 3 の開口部 3 a、3 b、又は疲労亀裂 3 の予想進展経路を覆うように、また、疲労亀裂 3 の予想進展経路線（図 9 (a) における A - A' 線）が、金属母材 2 に生じる疲労亀裂 3 の開口部 3 a、3 b、又は疲労亀裂 3 の予想進展経路に大凡沿うように、疲労亀裂の進展抑制シート 1 F を金属母材 2 又は金属母材 2 の表面に形成された塗膜 5 の表面に貼付する。

この時、炭酸剤収納体 80 の開口 80 a は金属母材 2 又は金属母材 2 の表面に形成された塗膜 5 の表面に密着し、炭酸剤 70 は炭酸剤収納体 80 と金属母材 2 又は金属母材 2 の表面に形成された塗膜 5 の表面とで形成された閉空間の内部に密封されるため、疲労亀裂 3 が進展して開口 80 a の直下を通るまでの間、炭酸剤 70 は変化を起こすことなく安定した状態を保持することが可能となる。

また、疲労亀裂 3 は、当初の予想進展経路からはずれて進展することも多い。予想進展経路からはずれて疲労亀裂 3 が進展した場合でも開口部 3 a、3 b の位置が炭酸剤収納体 80 の範囲に収まり、疲労亀裂 3 内への炭酸剤 70 又はそれから発生した二酸化炭素の供給が滞りなく行われるように、炭酸剤収納体 80 の形状は、本例のように予想進展経路線（図 9 (a) における A - A' 線）と垂直方向に適当な幅を有する長孔形状（スリット形状）とすることが好ましい。

【0094】

図 10 は本実施形態による疲労亀裂の進展抑制シートの第七例の模式図であり、図 10 (a) は平面図、図 10 (b) は A - A' 断面図、図 10 (c) は B - B' 断面図である。なお、上記した疲労亀裂の進展抑制シートと同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

第七例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 (1 G) は、含水材 10 と、含水材 10 の外側に位置する電極材 30 としての流電陽極 30 A と、流電陽極 30 A の層の外側に位置する支

10

20

30

40

50

持体 20 と、含水材 10、支持体 20 及び電極材 30 を覆う乾燥防止材 40（通気性なし）と、接続材 50 としての導線 50 A と、二酸化炭素（炭酸ガス）が外部へ漏出可能に封入されたジェル状の炭酸剤 70 と、開口 80 a を有し炭酸剤 70 を収納する炭酸剤収納体 80 を備える点は第六例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 F と同様であるが、炭酸剤収納体 80 が嵌入される貫通孔 11 が含水材 10 のみならず流電陽極 30 A 及び支持体 20 をも貫通している点において異なっている。

疲労亀裂の進展抑制シート 1 G には、含水材 10、流電陽極 30 A 及び支持体 20 を貫通する貫通孔 11 が連続的に複数形成されており、各貫通孔 11 には含水材 10 の底面 10 a 側に開口 80 a を向けた炭酸剤収納体 80 がすっぽり嵌入されている。炭酸剤収納体 80 のうち開口 80 a の反対側の端部は上面 80 b によって塞がれている。炭酸剤収納体 80 の内部には、ジェル状の炭酸剤 70 が充填されている。

なお、炭酸剤収納体 80 のうち開口 80 a の反対側の端部は、上面 80 b で塞ぐ代わりに、着脱可能な上蓋等を設け、その端部から炭酸剤 70 を適宜注入できるようにしてもよい。これにより、炭酸剤収納体 80 への炭酸剤 70 の補給が容易となり、長期間にわたって含水材 10 へ二酸化炭素を供給することができる。

【0095】

図示は省略するが、疲労亀裂の進展抑制シート 1 は、第四例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 D のように通気路による二酸化炭素の供給と、第七例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 G のように炭酸剤 70 による二酸化炭素の供給とを組み合わせた構成とすることもできる。

この場合は、例えば、乾燥防止材 40 に通気性を持たせると共に、炭酸剤収納体 80 が嵌入されている貫通孔 11 が 2 個続いた隣に通気路としての貫通孔 11 が 1 個位置し、その更に隣には再び炭酸剤収納体 80 が嵌入されている貫通孔 11 が 2 個続く並びとするなど、炭酸剤 70 を収納した炭酸剤収納体 80 と空気が通る貫通孔 11 を併用し、両者が規則的又は不規則的に配置された並びとする。

【0096】

また、図示は省略するが、炭酸剤 70 を備えた疲労亀裂の進展抑制シート 1 とする場合、第五例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 E のように含水材 10 の小片と支持体 20 の小片と電極材 30 の小片を各一つずつ積層したものを 1 セットとし、セット同士の間隔をあけて並べることにより乾燥防止材 40 の内側において厚み方向に複数の間隙 12 を形成し、その各間隙 12 に炭酸剤収納体 80 を嵌入して配置することもできる。

これにより、炭酸剤 70 を疲労亀裂 3 内に流入させ、又は炭酸剤 70 から発生した二酸化炭素のみを疲労亀裂 3 内に流入させ、電着析出物 4 を生じさせやすくできる。

【0097】

以上、疲労亀裂の進展抑制シート 1 の例について説明したが、疲労亀裂の進展抑制方法において、亀裂面における電着物の析出を促進するため、ジェル状又は流体の炭酸剤 70 を疲労亀裂 3 の開口部 3 a、3 b 周辺に手作業で塗布することにより、疲労亀裂 3 内に二酸化炭素を供給することも有効である。炭酸剤 70 を注入する方法やタイミングは任意であるが、ジェル状の炭酸剤 70 を疲労亀裂 3 の開口部 3 a、3 b に塗布すれば、亀裂開閉口に伴うポンプ効果や毛細管現象により自動的に疲労亀裂 3 内に輸送されることが期待できる。但し、塗布後の炭酸剤 70 の効果は比較的短時間で消失することが多いため、手作業による塗布作業は疲労亀裂 3 の進展に伴って断続的に繰り返すことが好ましい。これにより、亀裂進展の初期段階から終盤に至るまで進展抑制効果を維持することができる。

【0098】

次に、金属母材 2 への疲労亀裂の進展抑制シート 1 の適用形態の例について説明する。

下表 1 は、対象とする疲労亀裂 3 の形態により想定される疲労亀裂の進展抑制方法の 8 つの適用形態をまとめて示したものである。

10

20

30

40

50

【表 1】

適用形態	亀裂の形態	開口部の処置	
		表側	裏側
第一	貫通亀裂	開放	疲労亀裂の進展抑制シート (CO ₂ 供給なし)
第二	貫通亀裂	乾燥防止材	疲労亀裂の進展抑制シート (CO ₂ 供給なし)
第三	貫通亀裂	炭酸剤の塗布 (1回塗布／繰り返し塗布)	疲労亀裂の進展抑制シート (CO ₂ 供給なし)
第四	貫通亀裂	開放	疲労亀裂の進展抑制シート (CO ₂ 供給あり)
第五	貫通亀裂	乾燥防止材	疲労亀裂の進展抑制シート (CO ₂ 供給あり)
第六	貫通亀裂	疲労亀裂の進展抑制シート (CO ₂ 供給あり)	疲労亀裂の進展抑制シート (CO ₂ 供給あり)
第七	貫通亀裂	疲労亀裂の進展抑制シート (CO ₂ 供給なし)	疲労亀裂の進展抑制シート (CO ₂ 供給あり)
第八	非貫通亀裂	疲労亀裂の進展抑制シート (CO ₂ 供給あり)	—

CO₂供給＝通気路又は炭酸剤収納体

【0099】

まず、疲労亀裂3の形態が、金属母材2を貫通する貫通亀裂である場合、一方の面（表側）2aの開口部3aから入った空気が他方の面（裏側）2bの開口部3bに至るため、他方の面（裏側）2bの疲労亀裂3の開口部3bには、通気路も炭酸剤収納体80も設けられていない疲労亀裂の進展抑制シート1（以下、「CO₂供給なしの疲労亀裂の進展抑制シート1」という場合がある。）と、通気路又は炭酸剤収納体80が設けられている疲労亀裂の進展抑制シート1（以下、「CO₂供給ありの疲労亀裂の進展抑制シート1」という場合がある。）のどちらも適用可能であり、一方の面2aの疲労亀裂3の開口部3aへの対処方法によって、第一の適用形態～第七の適用形態が考えられる。

次に、疲労亀裂3の形態が、金属母材2を貫通していない非貫通亀裂である場合、貫通亀裂を利用して反対側の開口部3a、3bへ空気を送ることはできないため、CO₂供給なしの疲労亀裂の進展抑制シート1は適用できない。他方、CO₂供給ありの疲労亀裂の進展抑制シート1は、反対側（ここでは一方の面2a）から二酸化炭素を取り入れなくとも含水材10へ二酸化炭素を供給できるため、第八の適用形態が考えられる。

【0100】

図11は第一の適用形態を疲労亀裂も含めて示した模式図である。なお、実際の亀裂面は平面とはならないが、図11では簡単のため平面として模式化してある。

金属母材2に生じた板厚を貫通する疲労亀裂3（貫通亀裂）について、他方の面（裏側）2bの開口部3bを覆うように下方から第一例の疲労亀裂の進展抑制シート1Aの含水材10の底面10aを押し当て、粘着させている。また、乾燥防止材40は含水材10、流電陽極30A及び支持体20を覆うように設けられており、その底面40aは金属母材2の他方の面2bに粘着テープ等により密着している。

第一例の疲労亀裂の進展抑制シート1Aは、通気路も炭酸剤収納体80も設けられていないが、この場合は反対側である一方の面（表側）2aにおける疲労亀裂3の開口部3a

を開放し空気が出入可能な状態としており、一方の面 2 a 側から疲労亀裂 3 内に取り込んだ空気が他方の面 2 b 側に配置されている疲労亀裂の進展抑制シート 1 A に至ることで、空気に含まれる二酸化炭素が含水材 1 0 に供給されるため、含水材 1 0 に供給する二酸化炭素の量を確保して電着析出物 4 を生じさせやすくできる。これにより、亀裂面上には電着析出物 4 が生じてくさび効果を発現し、亀裂進展が抑制される。

【 0 1 0 1 】

図 1 2 は第八の適用形態を疲労亀裂も含めて示した模式図である。なお、実際の亀裂面は平面とはならないが、図 1 2 では簡単のため平面として模式化してある。

金属母材 2 に生じた板厚非貫通の疲労亀裂 3 (非貫通亀裂) について、一方の面 (表側) 2 a の開口部 3 a を覆うように上方から第四例の疲労亀裂の進展抑制シート 1 D の含水材 1 0 の底面 1 0 a を押し当て、粘着させている。また、乾燥防止材 4 0 は含水材 1 0 、流電陽極 3 0 A 及び支持体 2 0 を覆うように設けられており、その底面 4 0 a は金属母材 2 の一方の面 2 a に粘着テープ等により密着している。

微小空孔を多数有する乾燥防止材 4 0 は空気を遮断せず、微小空孔と貫通孔 1 1 を通じて十分な空気 (二酸化炭素) が疲労亀裂 3 内に取り込まれて含水材 1 0 に供給されるため、亀裂面上には電着析出物 4 が生じてくさび効果を発現し、亀裂進展が抑制される。

【 0 1 0 2 】

また、図示は省略するが、第二～第七の適用形態は具体的に以下の通りである。

第二の適用形態は、他方の面 (裏側) 2 b の開口部 3 b に、CO₂ 供給なしの疲労亀裂の進展抑制シート 1 を貼付し、一方の面 (表側) 2 a の開口部 3 a を乾燥防止膜で覆うものである。一方の面 2 a の開口部 3 a を乾燥防止膜で覆うことで、一方の面 2 a の開口部 3 a から放出される水蒸気の量を少なくして含水材 1 0 の過度の乾燥を防止することができる。

乾燥防止膜は、通気性を有しない非通気性膜材とするか、又は通気性を有する通気性膜材とする。非通気性膜材を用いる場合は、開口部 3 a を非通気性膜材で部分的に覆い、通気性膜材を用いる場合は、開口部 3 a の全体を通気性膜材で覆う。

この場合、他方の面 2 b に貼付した疲労亀裂の進展抑制シート 1 の含水材 1 0 には、一方の面 2 a の開口部 3 a から十分な空気 (二酸化炭素) が疲労亀裂 3 内を通り含水材 1 0 に供給されるため、亀裂面上には電着析出物 4 が生じてくさび効果を発現し、亀裂進展が抑制される。

【 0 1 0 3 】

第三の適用形態は、他方の面 (裏側) 2 b の開口部 3 b に、CO₂ 供給なしの疲労亀裂の進展抑制シート 1 を貼付し、一方の面 (表側) 2 a の開口部 3 a に、二酸化炭素が外部へ漏出可能に封入されたジェル状又は液体の炭酸剤 7 0 を塗布するものである。

この場合、通気性を有さない疲労亀裂の進展抑制シート 1 を用いることで含水材 1 0 の乾燥を防止しつつ、一方の面 2 a 側の開口部 3 a に配置した炭酸剤 7 0 から貫通亀裂を通じて二酸化炭素 (炭酸ガス) を含水材 1 0 へ供給することで、亀裂面上に電着析出物 4 を生じさせ、くさび効果により亀裂進展を抑制することができる。

【 0 1 0 4 】

第四の適用形態は、他方の面 (裏側) 2 b の開口部 3 b に、CO₂ 供給ありの疲労亀裂の進展抑制シート 1 を貼付し、一方の面 (表側) 2 a の開口部 3 a は何も貼付せず開放したままとするものである。

この場合、他方の面 2 b に貼付した疲労亀裂の進展抑制シート 1 の含水材 1 0 には、一方の面 2 a の開口部 3 a からと、通気路又は炭酸剤収納体 8 0 から二酸化炭素が供給されるため、亀裂面上に電着析出物 4 が生じてくさび効果を発現し、亀裂進展が抑制される。

【 0 1 0 5 】

第五の適用形態は、他方の面 (裏側) 2 b の開口部 3 b に、CO₂ 供給ありの疲労亀裂の進展抑制シート 1 を貼付し、一方の面 (表側) 2 a の開口部 3 a を乾燥防止膜で覆うものである。

この場合、一方の面 2 a の開口部 3 a を通気性を有しない乾燥防止膜で覆うことで、一

10

20

30

40

50

方の面 2 a の開口部 3 a から放出される水蒸気の量を少なくして含水材 1 0 の過度の乾燥を防止しつつ、通気路又は炭酸剤 7 0 から二酸化炭素を含水材 1 0 へ供給できるため、亀裂面上に電着析出物 4 が生じてくさび効果を発現し、亀裂進展が抑制される。

なお、一方の面 2 a の開口部 3 a を、通気性を有しない乾燥防止膜（非通気性膜材）で部分的に覆う場合、又は通気性を有した乾燥防止膜（通気性膜材）で全体的に覆う場合は、一方の面 2 a の開口部 3 a から貫通亀裂を通じて空気（二酸化炭素）を含水材 1 0 へ供給できる。

【 0 1 0 6 】

第六の適用形態は、他方の面（裏側）2 b の開口部 3 b と、一方の面（表側）2 a の開口部 3 a のそれぞれに、CO₂ 供給ありの疲労亀裂の進展抑制シート 1 を貼付するものである。この場合、それぞれの含水材 1 0 には通気路又は炭酸剤収納体 8 0 から二酸化炭素が供給されるため、亀裂面上に電着析出物 4 が生じてくさび効果を発現し、亀裂進展が抑制される。

10

また、他方の面 2 b だけでなく一方の面 2 a にも電着析出物 4 によるくさび効果が生じることにより、疲労亀裂 3 の進展をより一層抑制することができる。

【 0 1 0 7 】

第七の適用形態は、他方の面（裏側）2 b の開口部 3 b に、CO₂ 供給ありの疲労亀裂の進展抑制シート 1 を貼付し、一方の面（表側）2 a の開口部 3 a に、CO₂ 供給なしの疲労亀裂の進展抑制シート 1 を貼付するものである。

この場合、それぞれの含水材 1 0 には他方の面 2 b の開口部 3 b に貼付された CO₂ 供給ありの疲労亀裂の進展抑制シート 1 を介して十分な空気（二酸化炭素）が供給されるため、亀裂面上に電着析出物 4 が生じてくさび効果を発現し、亀裂進展が抑制される。

20

また、他方の面 2 b だけでなく一方の面 2 a にも電着析出物 4 によるくさび効果が生じることにより、亀裂の進展をより一層抑制することができる。

【 0 1 0 8 】

次に、本発明における疲労亀裂の進展抑制方法、及び疲労亀裂の進展抑制シートの効果を検証するために行った、鋼製の切欠き付き平板試験片を用いた疲労亀裂進展試験について説明する。

【 0 1 0 9 】

図 1 3 は疲労亀裂進展試験に用いた試験片を示す図である。

30

試験片 1 0 0 は、J I S S M 4 9 0 A 鋼製の板厚 5 mm の平板試験片の中央部に長さ 1 0 mm × 幅 0 . 3 mm の切欠きを加工したものをを用いた。

試験機は、電気 - 油圧サーボ式疲労試験機（島津製作所製、動的容量 1 0 t o n f ）を用いた。

試験条件は、以下のとおりである。

（ a ）通常試験時：切欠きのない断面における公称応力レンジ $\sigma_n = 1 0 4 . 4 \sim 1 0 4 . 5 \text{ MP a}$ 、応力比 $R = 0$ （引張側完全片振り）、荷重周波数 $f = 5 . 1 \text{ H z}$ 。

（ b ）ビーチマーク形成時：最大応力は（ a ）と同じに保持したまま最小応力を上げて応力レンジを（ a ）の約 1 / 4 に減少、荷重周波数 $f = 1 3 \text{ H z}$ 。なお、ビーチマーク形成のタイミングは、表面亀裂長さを計測しながら適宜設定した。

40

【 0 1 1 0 】

疲労亀裂進展試験を実施した比較例 1 及び実施例 1 及び 2 の内容について、下表 2 にまとめ示す。疲労亀裂 3 の形態は、いずれも貫通亀裂である。

【表 2】

	亀裂の形態	含水材、電極材		乾燥防止材	
		表側	裏側	表側	裏側
比較例 (金属母材まま)	貫通亀裂 (表裏開放)	なし	なし	なし	なし
実施例1 (第一の適用形態)	貫通亀裂 (表側のみ開放)	なし	第一例(CO ₂ 供給なし) 含水ジェル(3%食塩水) +亜鉛防食テープ	なし	マグネットシート
実施例2 (第一の適用形態)	貫通亀裂 (表側のみ開放)	なし	第一例(CO ₂ 供給なし) 含水ジェル(人工海水) +亜鉛防食テープ	なし	マグネットシート

10

【0111】

比較例1は、疲労亀裂の進展抑制シート1を用いずに試験片100(金属母材2)のまま試験したものである。

一方、実施例1及び2は、上記した第一の適用形態を具現化したもので、試験片100の他方の面(裏側)2bの疲労亀裂3の開口部3bに、CO₂供給なしの第一例の疲労亀裂の進展抑制シート1Aを貼付し、一方の面(表側)2aの疲労亀裂3の開口部3aは開放状態としたものである。

20

実施例1及び2では、ライオン株式会社の製品「足すっきりシート 休足時間(登録商標)」を含水材10及び支持体20として用いた。この製品は上記したように高含水率の含水ジェルを柔軟な織物状の支持体20で支える構造のジェルシートとなっており、元々の含水ジェルには水分及び微量の香料成分が含まれている。

実施例1では、ジェルシートを濃度3%の塩化ナトリウム(NaCl)水溶液中に24時間以上全浸漬し、3%食塩水を含んだ含水ジェルとして用いた。上述した通り、3%食塩水は電気化学的回路を形成しやすい液体である。

一方、実施例2では、ジェルシートを人工海水中に24時間以上全浸漬し、人工海水を含んだ含水ジェルとして用いた。上述した通り、人工海水は電気化学的回路を形成しやすいと同時に、亀裂面上に固い電着析出物4を析出しやすい液体である。なお、人工海水は、八洲薬品株式会社の金属腐食試験用「アクアマリン(登録商標)」を用いて調整した。

30

【0112】

図14は実施例1及び2における疲労亀裂の進展抑制シートの模式図であり、図14(a)は平面図、図14(b)はA-A'断面図である。

図1及び図11に示す疲労亀裂の進展抑制シート1Aは、内側から含水材10 流電陽極30Aの層 支持体20の順に積層されているが、実施例1及び2の疲労亀裂の進展抑制シート1においては、図14に示すように内側から含水材10 支持体20 流電陽極30Aの層という積層順とした。

流電陽極30Aの層には、防食用として市販されている三井住友金属鉱山伸銅株式会社の亜鉛防食テープ「ZAP(登録商標)テープ」(厚さ0.1mm、テープ幅25mm)を用いた。この製品は、高純度の亜鉛箔の片側が導電性粘着剤による粘着面となっており、対象となる金属面にテープを貼付するだけで導通が生じ、犠牲防食効果が得られるというものである。

40

図1及び図11に示す疲労亀裂の進展抑制シート1Aは、流電陽極30Aの層と金属母材2とを導通するための接続材50として導線50Aが設けられているが、実施例1及び2の疲労亀裂の進展抑制シート1においては、導線50Aを省略し、流電陽極30Aから延出し金属母材2に接触する延出部50Dを接続材50としている。すなわち、亜鉛防食テープをそのまま金属母材2まで延長して導電性粘着面を貼り付け接触させることにより、電気化学的回路としての導通を確保した。

【0113】

50

乾燥防止材 40 には、厚さ 0.7 mm のマグネットシートを用いた。

金属母材 2 が磁性体である場合には、磁力を有し、形状が柔軟に変化するマグネットシートを乾燥防止材 40 として用いることができる。マグネットシートを用いることには、以下のようなメリットがある。

(1) 着脱が容易であり、繰り返し使用できる。また、マグネットシートを一時的に剥がすことにより、マグネットシートによって覆われていた内部の状態を容易に把握できる。

(2) マグネットシートと金属母材 2 との間に作用する磁力(吸引力)により、間に挟まれた含水材 10 には常に一定の押圧力が作用するため、疲労亀裂 3 内への水分浸透がより促進される。

(3) マグネットシートは適度な曲げ剛性を有するため、含水材 10 及び支持体 20 を完全に密閉することなく、マグネットシートの端部にある程度の隙間ができる。この隙間が通気路となることで、空気を遮断することなく一定の通気性が確保できる。

ここで、図 15 は実施例 2 における疲労亀裂の進展抑制シートの外観写真である。図 15 には、試験片 100 の裏側に貼付し、マグネットシート貼付前、及び荷重載荷前の状態を写している。

乾燥防止材 40 には、疲労亀裂の進展抑制シート 1 を保護して一定の押圧力を加えながら含水材 10 の乾燥を防止するという役割があるが、実施例 1 及び 2 で流電陽極 30 A として用いた亜鉛防食テープ等にはそれ自体に一定の強度があり、乾燥防止作用も期待できるので、そのような場合には流電陽極 30 A の層に乾燥防止材 40 の役割を兼備させ、図 15 に示す状態のように、乾燥防止材 40 を省略した構成とすることも可能である。

【0114】

図 16 は比較例及び両実施例についての疲労亀裂進展試験の結果として亀裂進展曲線を示す図であり、縦軸は片側亀裂長さ [mm]、横軸はサイクル数(荷重繰り返し数) [回] である。図 15 において、「□」は比較例、「△」は実施例 1、「○」は実施例 2 の結果を示し、点線は各々における破断寿命を示している。

また、下表 3 は比較例及び両実施例についての疲労亀裂進展試験の結果として破断寿命を示す表である。寿命比は比較例を基準としている。

【表 3】

	適用形態	含水材中の電解液	破断寿命(回)	寿命比
比較例	金属母材まま	—	529296	1.00
実施例 1	第一の適用形態	3%食塩水	850716	1.61
実施例 2	第一の適用形態	人工海水	3162880	5.98

【0115】

図 16 及び表 3 より、試験片 100 (金属母材 2) のままの比較例と比べると、第一の適用形態を具現化し、含水ジェル(含水材 10)に含ませる電解液として 3% 食塩水を用いた実施例 1 では、サイクル数 40 万回ぐらいから若干の進展抑制効果が現れ、破断寿命比は約 1.6 倍となっている。

一方、同じく第一の適用形態を具現化し、含水ジェル(含水材 10)に含ませる電解液として人工海水を用いた実施例 2 では、亀裂進展の初期段階から顕著な進展抑制効果が現れており、破断寿命比は約 6 倍となっている。

【0116】

図 17 は破面の拡大写真であり、図 17 (a) は比較例、図 17 (b) は実施例 1、図 17 (c) は実施例 2 を示している。なお、図 17 (a) は複数の画像を連結・合成したものである。

三者とも、疲労亀裂 3 は写真右側の切欠き端から発生し、その後、荷重繰り返しに伴い

写真左方向に進展して破断に至った。

図 17 (a) に示す比較例の破面では、梨地状の試験片 1 0 0 (金属母材 2) の破面上に間隔を置いて形成された楕円弧状のビーチマークが明瞭に認められる。

これに対して図 17 (b) に示す実施例 1 の破面では、試験片 1 0 0 の破面には薄い膜のようなもの (灰色に見える部分) が形成され、試験片 1 0 0 (金属母材 2) の破面上に辛うじて視認できるビーチマークの形状も不規則で歪なものとなっている。これは、電解液として 3 % 食塩水を用いた疲労亀裂の進展抑制シート 1 の効果によって疲労亀裂 3 内で若干の電着析出反応が起き、亀裂面上に電着した析出物が除荷時に閉じようとする金属母材 2 の亀裂面を軽度 to 圧迫する作用も相俟って、金属母材 2 の破面が灰色に変色し、亀裂面の場所によってくさびの効き方に差異が生じ、亀裂進展速度にも相違が生じたものと推察される。

10

一方、図 17 (c) に示す実施例 2 の破面では、疲労亀裂 3 の発生直後から試験片 1 0 0 の破面には顕著なくさび (黒っぽく見える部分) が形成されており、片側亀裂長さ 2 0 mm (板厚の 4 倍) 程度の範囲に連続的なくさび層の形成が認められる。これは、電解液として人工海水を用いた疲労亀裂の進展抑制シート 1 の効果によって疲労亀裂 3 内で顕著な電着析出反応が起き、亀裂面上に電着した固い析出物がくさびとなって除荷時に閉じようとする金属母材 2 の亀裂面を連続的に強く圧迫する作用も相俟って、金属母材 2 の破面が黒っぽく変色しているものと推察される。

【 0 1 1 7 】

以上のように、本発明による疲労亀裂の進展抑制方法及び進展抑制シートは、局所的な湿潤環境と電気化学的回路を現場で簡便に形成して疲労亀裂内に比較的短期間で電着析出物を生じさせることができるため、従来はくさびを形成することが困難であった亀裂先端部においても、生じた電着析出物のくさび効果により亀裂閉口を促進して疲労亀裂の進展を効果的に抑制することができる。また、金属母材が腐食しにくい金属であっても亀裂面上に生じる電着析出物をくさび物質として生成することが可能であるため、汎用性に優れている。また、粘性流体を用いる場合よりも外圧や接触に強く、施工性や耐環境性に優れている。

20

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 1 8 】

本発明は、船舶や海洋構造物、車両や航空機、橋梁や工作機械等、疲労亀裂が発生している、また疲労亀裂の発生が懸念される様々な金属製の構造物に適用することができる。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 1 9 】

- 1 疲労亀裂の進展抑制シート
- 2 金属母材
- 2 a 一方の面
- 2 b 他方の面
- 3 疲労亀裂
- 3 a 一方の面の開口部
- 3 b 他方の面の開口部
- 4 電着析出物
- 5 塗膜
- 1 0 含水材
- 1 0 b 側面
- 1 1 貫通孔
- 1 2 間隙
- 2 0 支持体
- 3 0 電極材
- 3 0 A 流電陽極
- 3 0 B 耐久電極

40

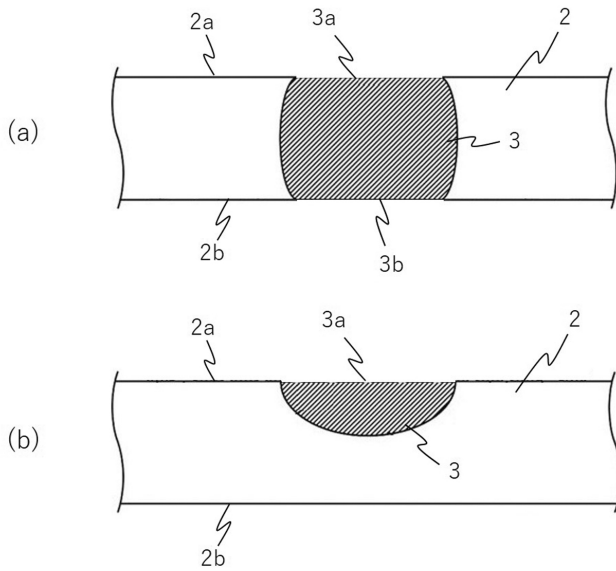
50

- 4 0 乾燥防止材
- 5 0 接続材
- 5 0 A、5 0 B 導線
- 5 0 C 直流電源
- 5 0 D 延出部
- 6 0 加熱材
- 6 1 電熱線
- 7 0 炭酸剤
- 8 0 炭酸剤収納体
- 8 0 a 開口

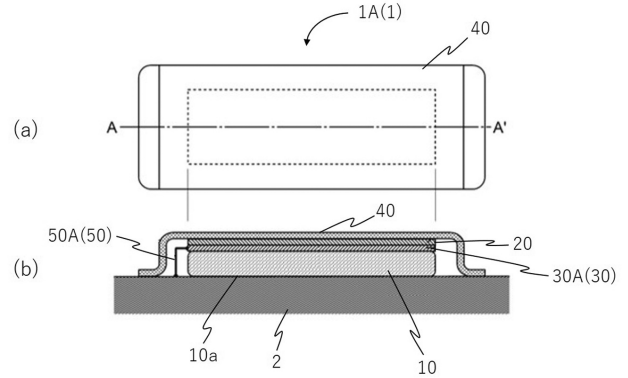
10

【図面】

【図 1】

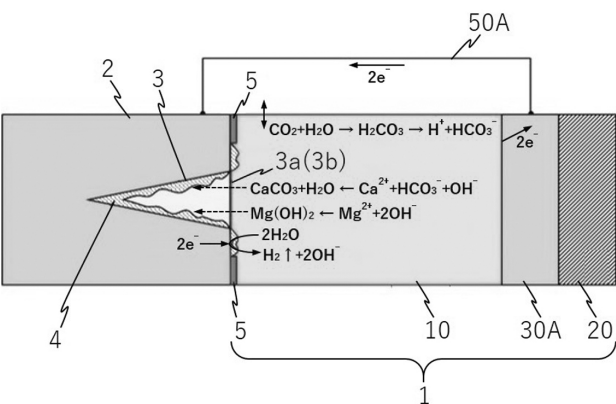


【図 2】



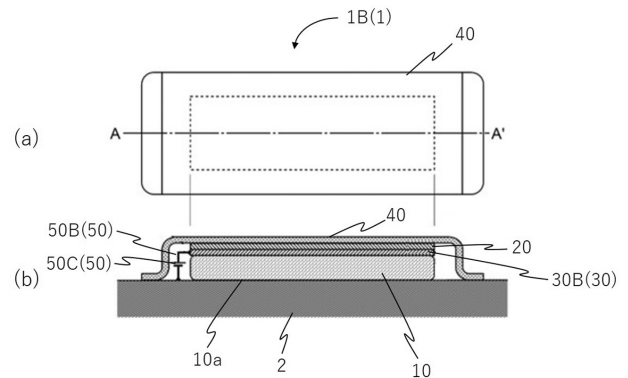
20

【図 3】



30

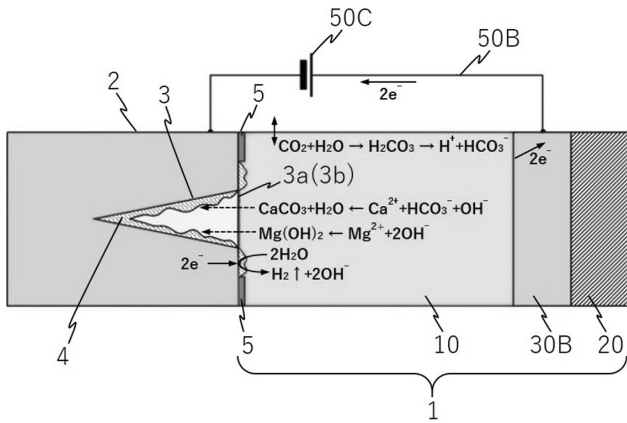
【図 4】



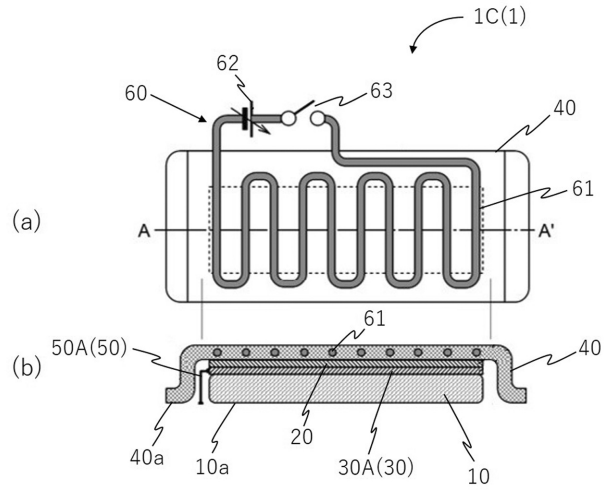
40

50

【 図 5 】

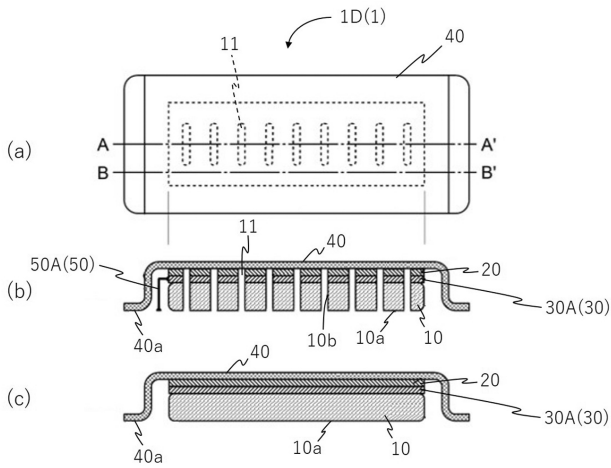


【 図 6 】



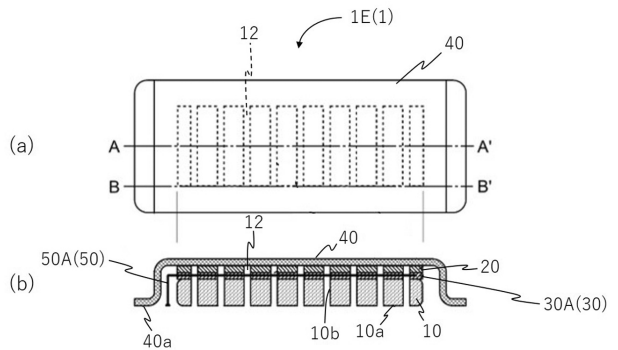
10

【 図 7 】



30

【 図 8 】

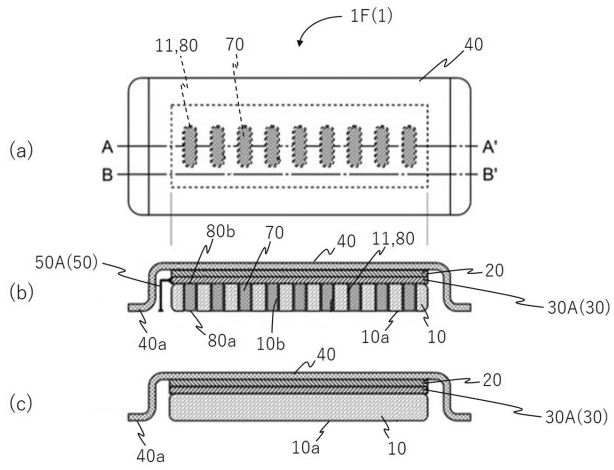


20

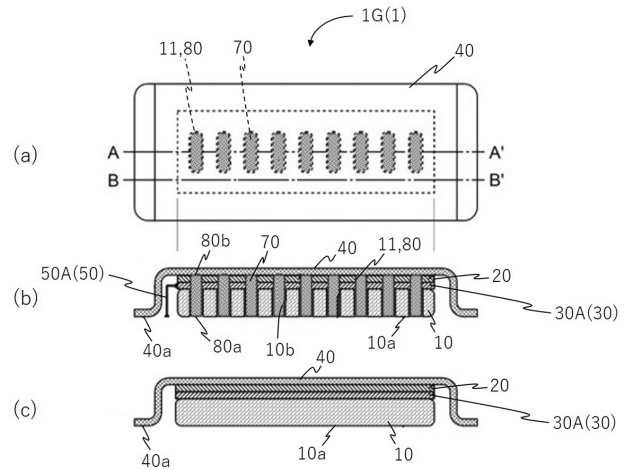
40

50

【 図 9 】

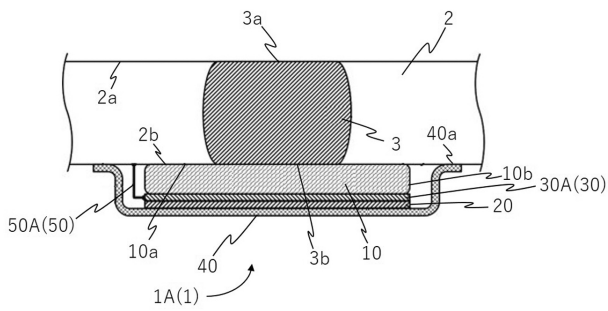


【 図 10 】

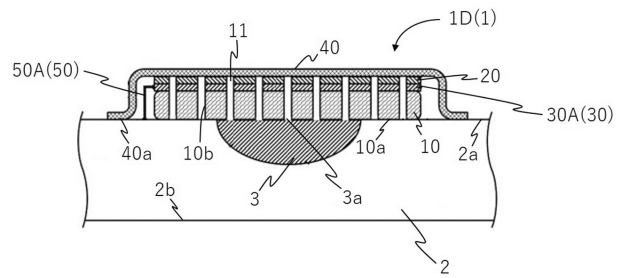


10

【 図 11 】



【 図 12 】



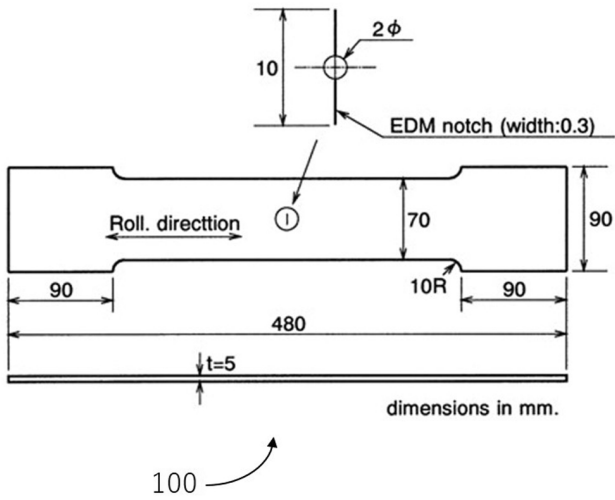
20

30

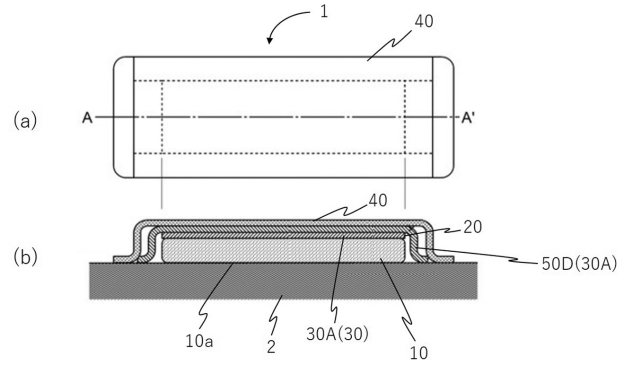
40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

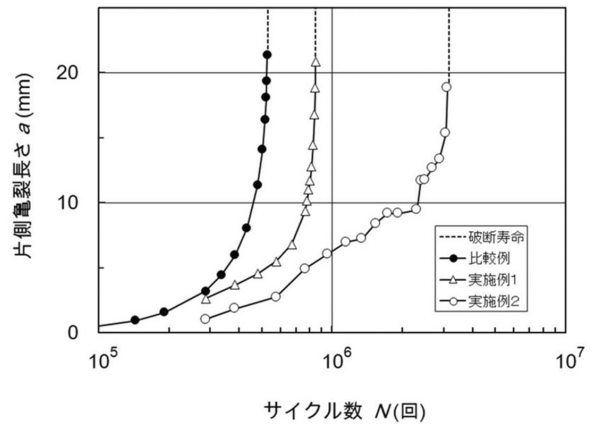


10

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



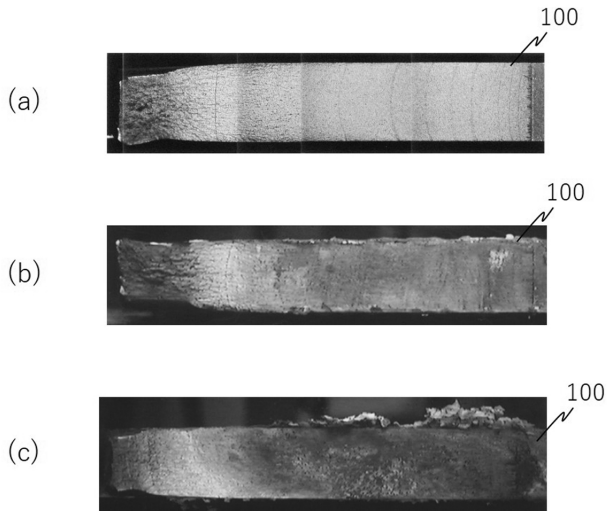
20

30

40

50

【 図 17 】



10

20

30

40

50