(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年7月19日(19.07.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/131107 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 31/00 (2006.01)　*B23K 9/04* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2017/000761

(22) 国際出願日：　2017年1月12日(12.01.2017)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(71) 出願人：中国電力株式会社 (**THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.**) [JP/JP]；〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 Hiroshima (JP).

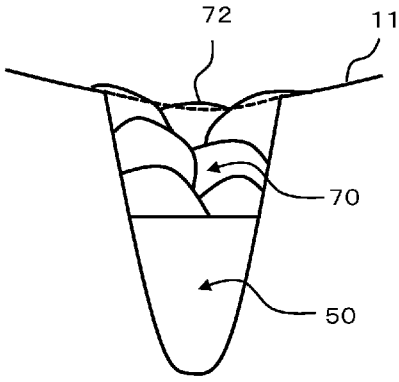
(72) 発明者：森下　啓司 (**MORISHITA, Keiji**)；〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 西田 秀高(**NISHIDA, Hidetaka**)；〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 松村 栄郎(**MATSUMURA, Hideo**)；〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 片岡 敏明(**KATAOKA, Toshiaki**)；〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人：一色国際特許業務法人 (**ISSHIKI & CO.**)；〒1080073 東京都港区三田三丁目１１番３６号 三田日東ダイビル Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,

(54) **Title:** METHOD FOR REPAIRING CAST STEEL MEMBER

(54) 発明の名称： 鋳鋼部材の補修方法



(57) **Abstract:** The present invention is a method for repairing cracks occurring in a cast steel member 10 because of thermal stress, wherein a crack 12 is eliminated by forming a groove 20 in the cast steel member 10, a metal member 50 having greater ductility than the cast steel member 10 and a shape corresponding to a space on the deepest side of the groove 20 is embedded in the groove 12 that has been formed, and the remaining space 26 in the groove 20 after the metal member 50 has been embedded is overlay welded with a welding material 70 having substantially the same softness as the cast steel member 10 and weldable with the cast steel member 10. Moreover, the metal member 50 includes nickel with a purity of 99.9% or greater. The welding material 70 includes nickel at 70% or greater by weight.

(57) 要約：本発明は、熱応力により鋳鋼部材１０に発生した亀裂を補修する方法であって、鋳鋼部材１０に溝部２０を形成することにより亀裂１２を除去し、形成した溝部１２に、鋳鋼部材１０よりも延性が高く、かつ、溝部２０の奥側の空間に対応する形状を有する金属部材５０を埋設し、金属部材５０を埋設した後の溝部２０の残空間２６を、鋳鋼部材１０と略同等に柔らかく、かつ鋳鋼部材１０と溶接可能な溶接材料７０で肉盛溶接する。なお、金属部材５０は、純度が９９．９％以上のニッケルを含む。溶接材料７０は、ニッケルを７０重量％以上含有する。

WO 2018/131107 A1

[続葉有]

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明　細　書

発明の名称 ： 鋳鋼部材の補修方法

技術分野

[0001] 本発明は、熱応力により鋳鋼部材に発生した亀裂を補修する方法に関する。

背景技術

[0002] 火力発電設備や原子力発電設備等における鋳鋼製の構造物は長期間に渡って高温・高圧条件におかれることが多いので、例えばその起動・停止によりかかる熱応力が原因で、当該構造物に亀裂が発生することがある。

[0003] このような亀裂を補修する場合、一般的には、亀裂の表面付近を削り、その上に肉盛りする方法がとられている。例えば、特許文献１には、ボイラ火炉の水壁を構成するメンブレンパネルの配管に生じている貫通き裂を削り取って補修部開先を形成し、この補修部開先にニッケルで肉盛り溶接して溶接部を形成し、メンブレンパネルの表面及び裏面の両面に対して全面的に外面肉盛溶接部を形成することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１４－５５７６０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところが、火力発電設備や原子力発電設備等における鋳鋼製の構造物には、蒸気タービン室や蒸気タービンの弁など大型のものが多いので、これらの構造物を工場に持ち帰って熱処理を行うとすると、そのための配管の切り離しや運搬作業に大きな手間がかかり、かつ費用もかかるため現実的ではない。

[0006] したがって、熱処理は現場で行わなければならず、この場合、ヒータによる部分加熱による溶接後熱処理やテンパービート法（焼き戻し処理）等が用

いられる。しかし、現場で行うことができる熱処理の規模には限界があり、熱処理が不充分となり易い。そのため、補修部分が脆化して割れやすくなる（亀裂が再発生する）等の不具合が生じていた。特に、亀裂が深く必要な溶接量が大きい場合には、熱処理不足に起因する残留応力が発生し、当該構造物に変形が生じることがあった。

[0007] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、熱応力により鋳鋼部材に発生した亀裂を効率よく補修する、鋳鋼部材の補修方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 前述の目的を達成するための本発明の一つは、熱応力により鋳鋼部材に発生した亀裂を補修する方法であって、前記鋳鋼部材に溝部を形成することにより前記亀裂を除去し、前記形成した溝部に、前記鋳鋼部材よりも延性が高く、かつ、前記溝部の奥側の空間に対応する形状を有する金属部材を埋設し、前記金属部材を埋設した後の前記溝部の残空間を、前記鋳鋼部材と略同等に柔らかく、かつ前記鋳鋼部材と溶接可能な溶接材料で肉盛溶接する。

[0009] 本発明のように、鋳鋼部材に形成した溝部に、鋳鋼部材よりも延性が高く、溝部の奥側の空間に対応する形状の金属部材を埋設し、その残空間を、鋳鋼部材と略同等に柔らかい溶接材料で肉盛溶接することで、補修後の母材の変形を金属部材により最小限に抑えつつ、かつ熱応力による亀裂の再発生を溶接材料により防ぐことができる。これにより、熱応力により鋳鋼部材に発生した亀裂を効率よく補修することができる。

[0010] 具体的には、例えば、前記溶接材料は、前記鋳鋼部材を共材溶接材料で肉盛溶接しその溶接部を熱処理した場合の当該共材溶接材料と略同等の柔らかさを有する溶接材料である。

[0011] このように、溶接材料を、鋳鋼部材を共材溶接材料で肉盛溶接しその溶接部を熱処理した場合の当該共材溶接材料の柔らかさと略同じにするにすることで、溶接後熱処理を行わずとも、溶接後の母材の熱応力による変形を防ぐことができる。

[0012] また、本発明の他の一つは、前記金属部材は、純度が９９．９％以上のニッケルを含む。金属部材として純度が高く延性の高いニッケルを用いることにより、補修後の鋳鋼部材にかかる熱応力を効果的に緩和することができる。

[0013] また、本発明の他の一つは、前記溶接材料はニッケルを７０重量％以上含有する。ニッケルは柔らかく延性が高いので、急冷しても硬化しにくい。本発明者らは、ニッケルが７０重量％以上含有されていれば、補修後の鋳鋼部材における亀裂の再発生を効果的に防ぐことができることを発見した。また、ニッケルを含む溶接材料による溶接は、現場での作業も容易である。

[0014] また、本発明の他の一つは、前記金属部材を埋設する前に、前記鋳鋼部材と略同等に柔らかく、かつ前記鋳鋼部材と溶接可能な溶接材料で、前記溝部の奥側の空間を肉盛溶接する。

[0015] 本発明のように、金属部材を埋設する前に、鋳鋼部材と略同等に柔らかい金属からなる溶接材料で溝部の奥側を肉盛溶接しておくことで、溝部を形成したことにより減少した鋳鋼部材の肉厚を回復させ、補修後の鋳鋼部材の強度を維持することができる。

[0016] また、本発明の他の一つは、前記溝部を形成した後の前記鋳鋼部材の肉厚が所定の値未満である場合には、前記金属部材を埋設する前に、前記鋳鋼部材の肉厚が前記所定の値に達するまで、前記溝部の奥側の空間を前記溶接材料で肉盛溶接する。

[0017] 本発明のように、溝部を形成した後の鋳鋼部材の肉厚が所定の値未満である場合に、鋳鋼部材の肉厚がその値に達するまで、溝部の奥側の空間を事前に肉盛溶接しておくことで、例えば、前記所定の値を必要最小肉厚に設定することにより、鋳鋼部材の安全な使用に必要な肉厚を肉盛溶接により確実に確保することができる。

[0018] また、本発明の他の一つは、前記溝部の空間のうち前記溝部の開口側の周縁を除いた空間に対応する形状を有する前記金属部材を埋設し、さらに、前記開口側の周縁の空間を前記溶接材料で肉盛溶接する。

[0019] 本発明のように、溝部に、溝部の開口側の周縁部を除いた空間に対応する形状の金属部材を充填し、充填後の残りの空間を肉盛溶接することで、肉盛溶接の量を必要最小限に抑え、その結果、補修後の鋳鋼部材の変形を最小限に抑えることができる。特に、発生した亀裂が大きく溝部（開先）の開口面積が広くなる場合に、変形が起きやすい鋳鋼部材の表面部の変形を効果的に抑えることができる。

[0020] また、本発明の他の一つは、前記溝部の開口側の空間を前記溶接材料で肉盛溶接することにより生じる、前記熱応力による前記鋳鋼部材の変形量をＦＥＭ解析により推定し、推定した前記変形量が所定の閾値よりも大きい場合に、前記溝部の空間のうち前記溝部の開口側の周縁を除いた空間に対応する形状を有する前記金属部材を埋設し、さらに、前記開口側の周縁の空間を前記溶接材料で肉盛溶接する。

[0021] 本発明のように、溝部の開口側の空間を肉盛溶接した場合の熱応力による鋳鋼部材の変形量をＦＥＭ解析により推定し、推定した変形量が所定の閾値よりも大きい場合に、前記工程を行うことで、肉盛溶接による鋳鋼部材の変形を予め確実に抑えることができる。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、熱応力により鋳鋼部材に発生した亀裂を効率よく補修することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]図１は、火力発電所や原子力発電所等に設けられる蒸気タービン車室の外殻部材１０の一例を示す図である。

[図2]図２は、亀裂１２を除去する方法の一例を説明する図である。

[図3]図３は、金属部材５０を溝部２０の奥側の空間２１に埋設する方法の一例を説明する図である。

[図4]図４は、溝部２０の残空間２６を第１溶接材料７０で肉盛溶接し肉盛を形成する方法の一例を説明する図である。

[図5]図５は、第１溶接材料７０による肉盛溶接を終えた外殻部材１０の一例

を示す図である。

[図6]図６は、第２溶接材料４０で肉盛溶接する方法の一例を示す図である。

[図7]図７は、実施例３に係る鋳鋼部材の補修方法において使用される金属部材８０の一例を示す図である。

[図8]図８は、実施例４に係る鋳鋼部材の補修方法の一例を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0024] ＜実施例１＞

本発明の各実施例について、図面を参照しつつ説明する。

[0025] 図１は、火力発電所や原子力発電所等に設けられる蒸気タービン車室の外殻部材１０の一例を示す図である。同図に示すように、蒸気タービン車室の外殻部材１０は、ＣｒＭｏＶ鋳鋼などの鋳鋼部材からなり、その起動・停止に伴って熱応力を受ける。これにより蒸気タービン車室の外殻部材１０はクリープ損傷を受け、内側の表面１１に亀裂１２が発生する。

[0026] まず、本実施例に係る補修方法では、図２に示すように、外殻部材１０の表面１１に溝部２０（開先）を形成することにより、亀裂１２全体を除去する。

[0027] 具体的には、例えば、外殻部材１０の表面１１において、亀裂１２の表面部分の周囲を囲う切削線１３を形成し、ドリルやエンドミル等で、形成した切削線１３に沿って外殻部材１０の表面１１を深さ方向に切削する。なお、溝部２０は、例えば、その断面形状がＶ字状又はＵ字状の空間とする。

[0028] 次に、図３に示すように、前記で形成した溝部２０に、外殻部材１０よりも延性が高い金属からなり、かつ、溝部２０の奥側の空間２１の形状に対応する形状を有する金属部材５０を埋設する。

[0029] 具体的には、例えば、溝部２０の深さよりもその高さが低く、溝部２０の奥側の空間２１と略同一の形状を有する金属部材５０を溝部２０に嵌合させ、嵌合させた金属部材５０の上面５６（露出面）をハンマー等（不図示）で叩く。これにより、金属部材５０の底面５２及び側面５４と、溝部２０の内

表面２４とをできるだけ密着させる。

[0030] すなわち、金属部材５０は、自身を溝部２０に埋設したときの上面５６（露出面）の高さが外殻部材１０の表面１１の高さよりも低くなるように成形されている。

[0031] 金属部材５０の素材は、外殻部材１０よりも高い延性を有している金属であることが必要である。例えば、金属部材５０は、純度が９９．９％以上の純ニッケル、及び、硫黄やリン等の不可避不純物からなる。

[0032] このように、金属部材５０として純度が高く延性の高いニッケルを用いることにより、鋳鋼部材（外殻部材１０）にかかる熱応力を効果的に緩和することができる。

[0033] なお、金属部材５０の素材としては、純ニッケルに代えて、母材である外殻部材１０の廃材を用いてもよい。廃材は劣化しており、母材である外殻部材１０よりも高い延性を有しているためである。

[0034] 次に、図４に示すように、金属部材５０を埋設した後の溝部２０の残空間２６に、外殻部材１０とおおよそ同等の柔らかさを有し、かつ外殻部材１０と溶接可能な溶接材料（以下、第１溶接材料という）で、外殻部材１０を肉盛溶接する。

[0035] 具体的には、例えば、溝部２０に埋設した金属部材５０の上面５６（露出面）に、溶接トーチ等を用いて、加熱された第１溶接材料７０を投入して肉盛を形成することで、金属部材５０を挿入した後の、溝部２０の残空間２６を第１溶接材料７０で充填する。

[0036] 具体的には、この肉盛溶接は、例えばリメルト処理により行う。例えば、図４に示すように、アーク溶接機等を用いて金属部材５０の上面５６に溶融状態の第１溶接材料７０を供給して肉盛を形成する。そして、冷却し固化させた当該肉盛の表面を、ＴＩＧトーチ等を用いて加熱することにより、当該肉盛をリメルト（再溶融）する。そして、リメルト後の肉盛を自然冷却させる。自然冷却させたら、新たな肉盛を形成する。以上の処理を繰り返す。

[0037] 第１溶接材料７０の素材は、例えば、以下のようにして定める。すなわち

、外殻部材１０を共材溶接材料で共材溶接（肉盛溶接）してその溶接部を熱処理した場合における、当該共材溶接材料の柔らかさ（延性等）を予め測定しておき、その柔らかさと同等の柔らかさを有する溶接材料を用いる。

[0038] このように、溶接材料（第１溶接材料７０）を、鋳鋼部材（外殻部材１０）を共材溶接材料で肉盛溶接しその溶接部を熱処理した場合の当該共材溶接材料の柔らかさと略同じにすることで、溶接後熱処理を行わずとも、溶接後の母材の熱応力による変形を防ぐことができる。

[0039] このような第１溶接材料７０としては、例えば、ニッケルを主成分とする合金がある。この場合のニッケルの含有量は、７０重量％以上であることが好ましい。また、ニッケル以外の成分は、例えば、クロムである。クロムの含有量は、１５重量％以上であることが好ましい。ニッケル及びクロム以外の成分は、硫黄やリン等の不可避不純物を除くと、例えば、炭素、ケイ素、マンガン等である。

[0040] ニッケルは柔らかく延性が高いので、急冷しても硬化しにくい。ニッケルが７０重量％以上含有されていれば、補修後の鋳鋼部材（外殻部材１０）における亀裂の再発生を効果的に防ぐことができる。また、ニッケルを含む溶接材料による溶接は、現場での作業も容易である。

[0041] 以上のリメルト処理を行うことで、溝部２０の残空間２６を肉盛溶接する。

[0042] 図５は、第１溶接材料による肉盛溶接を終えた外殻部材１０の一例を示す図である。第１溶接材料７０による肉盛溶接は、例えば、同図に示すように、第１溶接材料７０による肉盛の露出面７２の高さが、外殻部材１０の表面１１と対応する高さ（例えば、溝部２０を形成する前の外殻部材１０の表面１１と略同じ高さ）になるまで行う。

[0043] 以上のように、本実施形態の鋳鋼部材の補修方法によれば、鋳鋼部材（外殻部材１０）に形成した溝部２０に、鋳鋼部材よりも延性が高く、溝部２０の奥側の空間２１に対応する形状の金属部材５０を埋設し、その残空間２６を、鋳鋼部材と略同等に柔らかい溶接材料（第１溶接材料７０）で肉盛溶接

することで、補修後の母材の変形を金属部材５０により最小限に抑えつつ、かつ熱応力による亀裂１２の再発生を溶接材料により防ぐことができる。これにより、熱応力により鋳鋼部材に発生した亀裂を効率よく補修することができる。

[0044] ＜実施例２＞

実施例１では、形成した溝部２０の奥側の空間２１に直接、金属部材５０を埋設したが、金属部材５０は一般に変形しにくい性質があるため、金属部材５０の底面５２及び側面５４と溝部２０の内表面２４との間は、必ずしも密着するとは限らない。この場合、両者の間の空間（隙間）から再び亀裂が発生する可能性もある。特に、亀裂１２の深さが深く、溝部２０の形成後の外殻部材１０の肉厚が必要最小肉厚（例えば、外殻部材１０に係る製品が所定回数起動又は停止しても外殻部材１０が破断しないために必要な外殻部材１０の肉厚）未満となっている場合には、再び亀裂が発生する可能性が高くなる。

[0045] そのような場合は、図６に示すように、金属部材５０を埋設する前に、外殻部材１０と略同等に柔らかく、かつ外殻部材１０と溶接可能な溶接材料（以下、第２溶接材料４０という）で肉盛溶接する。

[0046] 具体的には、第２溶接材料４０を溝部２０の奥側の空間２１に投入し、実施例１と同様に、第２溶接材料４０の肉盛を形成する。

[0047] 第２溶接材料４０による肉盛溶接は、少なくとも、当該肉盛溶接後の外殻部材１０の厚さが、上記の必要最小肉厚以上の厚さになるまで行う。なお、この第２溶接材料４０の肉盛の上面４２（露出面）は略平坦となっていることが好ましい。なお、第２溶接材料４０の素材は実施例１と同様でもよいし、異なっていてもよい。

[0048] 次に、図６に示しているように、第２溶接材料４０による肉盛の上に、金属部材６０を溝部２０に埋設する。

[0049] 本実施例における金属部材６０の形状は、例えば、第２溶接材料４０による肉盛の露出面から溝部２０の開口面までの空間と略同一の形状とする。

[0050] そして、実施例１と同様に、金属部材６０を埋設した溝部２０の残りの空間（残空間２６）を、第１溶接材料７０で肉盛溶接する。

[0051] 以上のように、本実施例の鋳鋼部材の補修方法によれば、金属部材６０を埋設する前に、鋳鋼部材（外殻部材１０）と略同等に柔らかい金属からなる溶接材料（第２溶接材料４０）で溝部２０の奥側を肉盛溶接しておくことで、溝部２０を形成したことにより減少した鋳鋼部材の肉厚を回復させ、補修後の鋳鋼部材の強度を維持することができる。

[0052] 例えば、亀裂１２の除去後の鋳鋼部材の肉厚が必要最小肉厚未満になっている場合でも、補修後の鋳鋼部材の強度を保つことができる。なお、必要最小肉厚は、例えばＦＥＭ解析（FEM: Finite Element Method）により推定する。

[0053] ＜実施例３＞

溝部２０（開先）の形状は、亀裂１２の進展状況に応じて異なる。例えば、亀裂１２が大きい場合には、開先の角度を調節して溝部２０の開口を大きく形成しなければならない。すると、この開口の部分の溶接範囲（第１溶接材料７０による肉盛溶接の範囲）が大きくなり、その結果、溶接補修後の外殻部材１０がより変形し易くなる。

[0054] このような場合、本実施例に係る鋳鋼部材の補修方法のように、溝部２０の開口における肉盛溶接を少なくするような形状の金属部材を用いる。

[0055] 図７は、実施例３に係る鋳鋼部材の補修方法において使用される金属部材８０の一例を示す図である。同図に示すように、本実施例に係る補修方法では、金属部材８０の形状を、溝部２０の形状のうち開口側の周縁部を除いた部分の形状に対応する形状としている。

[0056] すなわち、金属部材８０は、溝部２０の奥側の空間２１を充填する部分である下方充填部８２と、溝部２０の開口側の空間のうち、その周縁部の空間２８を除く部分を充填する部分である上方充填部８４とで構成されている。

[0057] このような金属部材６０を溝部２０に埋設することにより、上記の周縁部の空間２８が、新たな小さな開先として形成される。なお、この場合、開先

が形成されることにより外殻部材１０の厚みが必要最小肉厚以上になっていることが好ましい。

[0058] そして、実施例１と同様に、上記の開口側の周縁部の空間２８を、第１溶接材料７０で肉盛溶接する（不図示）。

[0059] なお、本実施例に係る鋳鋼部材の金属部材８０を使用するか否かは、例えば、溝部２０の開口部分を第１溶接材料７０で肉盛溶接した場合の、熱応力による外殻部材１０の変形量をＦＥＭ解析により推定し、推定した変形量が所定の閾値よりも大きい場合に当該金属部材８０を使用するものとする。これにより、肉盛溶接による鋳鋼部材（外殻部材１０）の変形を予め確実に抑えることができる。

[0060] 以上のように、本実施例の鋳鋼部材の補修方法では、溝部２０に、溝部２０の開口側の周縁部を除いた空間に対応する形状の金属部材８０を充填し、充填後の残りの空間を肉盛溶接することで、肉盛溶接の量を必要最小限に抑え、その結果、補修後の鋳鋼部材（外殻部材１０）の変形を最小限に抑えることができる。特に、発生した亀裂１２が大きく溝部２０（開先）の開口面積が広くなる場合に、変形が起きやすい鋳鋼部材の表面部の変形を効果的に抑えることができる。

[0061] ＜実施例４＞

前記に説明した実施例１、２、３に係る補修方法は、それぞれ組み合わせてもよい。例えば、図８に示すように、溝部２０の奥側の空間２１に第２溶接材料４０による肉盛を形成し（実施例２）、この肉盛の上に金属部材９０を埋設し（実施例３）、金属部材８０を埋設した後の溝部２０の残りの空間（残空間２６）に、第１溶接材料７０による肉盛を形成してもよい。なお、金属部材９０は、溝部２０の奥側の空間２１のうち第２溶接材料４０が既に充填されている部分を除く部分である下方充填部９２と、実施例３と同様の上方充填部９４とを有する。

[0062] 以上の実施例の説明は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明はその趣旨を逸脱することなく、変更

、改良され得ると共に本発明にはその等価物が含まれる。

符号の説明

[0063] １０　外殻部材、１１　表面、１２　亀裂、１３　切削線、２０　溝部、２１　奥側の空間、２４　内表面、２６　残空間、２８　周縁部の空間、４０　第２溶接材料、４２　上面、５０　金属部材、５２　底面、５４　側面、５６　上面、６０　金属部材、７０　第１溶接材料、７２　露出面、８０　金属部材、８２　下方充填部、８４　上方充填部、９０　金属部材、９２　下方充填部、９４　上方充填部

請求の範囲

[請求項1] 熱応力により鋳鋼部材に発生した亀裂を補修する方法であって、

前記鋳鋼部材に溝部を形成することにより前記亀裂を除去し、

前記形成した溝部に、前記鋳鋼部材よりも延性が高く、かつ、前記溝部の奥側の空間に対応する形状を有する金属部材を埋設し、

前記金属部材を埋設した後の前記溝部の残空間を、前記鋳鋼部材と略同等に柔らかく、かつ前記鋳鋼部材と溶接可能な溶接材料で肉盛溶接する、

鋳鋼部材の補修方法。

[請求項2] 前記溶接材料は、前記鋳鋼部材を共材溶接材料で肉盛溶接しその溶接部を熱処理した場合の当該共材溶接材料と略同等の柔らかさを有する溶接材料である、請求項１に記載の鋳鋼部材の補修方法。

[請求項3] 前記金属部材は、純度が９９．９％以上のニッケルを含む、請求項１に記載の鋳鋼部材の補修方法。

[請求項4] 前記溶接材料はニッケルを７０重量％以上含有する、請求項１又は２に記載の鋳鋼部材の補修方法。

[請求項5] 前記金属部材を埋設する前に、前記鋳鋼部材と略同等に柔らかく、かつ前記鋳鋼部材と溶接可能な溶接材料で、前記溝部の奥側の空間の一部を肉盛溶接する、請求項１に記載の鋳鋼部材の補修方法。

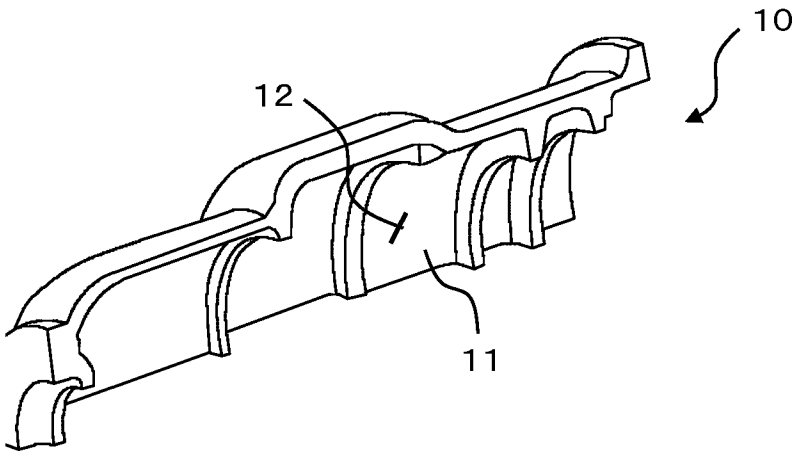
[請求項6] 前記溝部を形成した後の前記鋳鋼部材の肉厚が所定の値未満である場合には、前記鋳鋼部材の肉厚が前記所定の値に達するまで、前記金属部材を埋設する前に、前記溝部の奥側の空間を前記溶接材料で肉盛溶接する、請求項５に記載の鋳鋼部材の補修方法。

[請求項7] 前記溝部の空間のうち前記溝部の開口側の周縁を除いた空間に対応する形状を有する前記金属部材を埋設し、さらに、前記開口側の周縁の空間を前記溶接材料で肉盛溶接する、請求項１に記載の鋳鋼部材の補修方法。

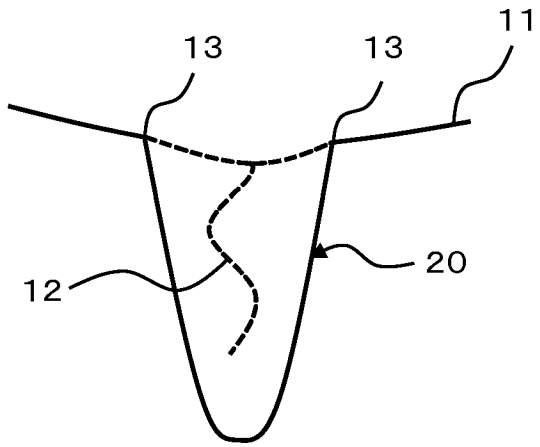
[請求項8] 前記溝部の開口側の空間を前記溶接材料で肉盛溶接することにより

生じる、前記熱応力による前記鋳鋼部材の変形量をＦＥＭ解析により推定し、推定した前記変形量が所定の閾値よりも大きい場合に、前記溝部の空間のうち前記溝部の開口側の周縁を除いた空間に対応する形状を有する前記金属部材を埋設し、さらに、前記開口側の周縁の空間を前記溶接材料で肉盛溶接する、請求項７に記載の鋳鋼部材の補修方法。

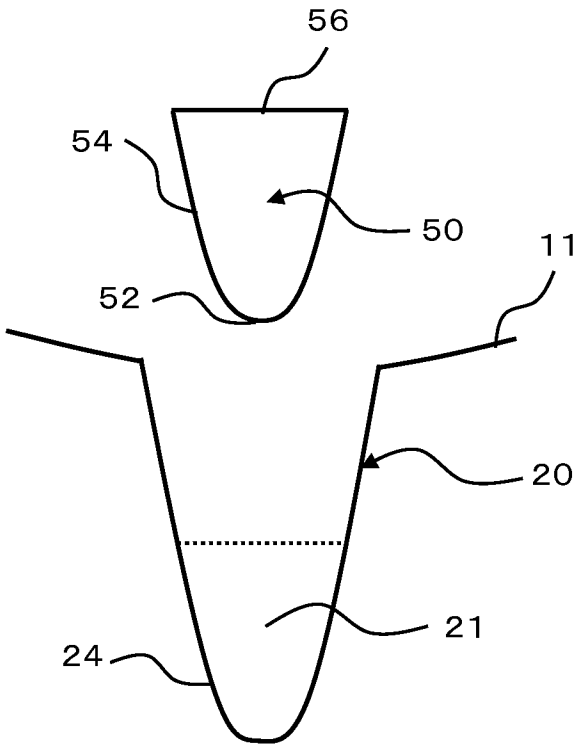
[図1]



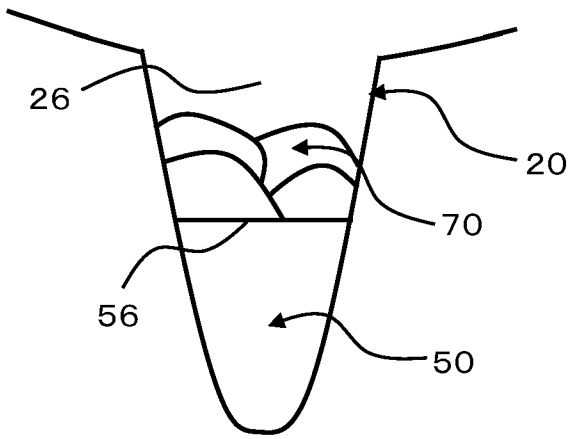
[図2]



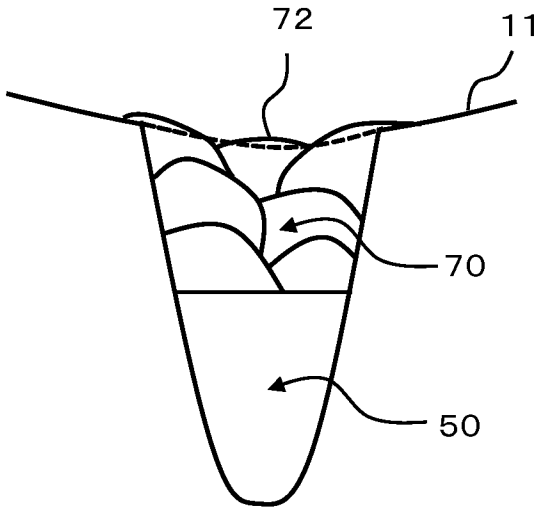
[図3]



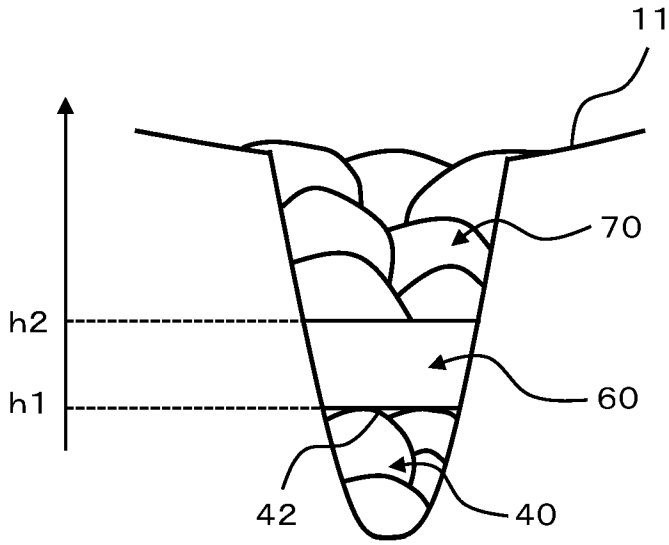
[図4]



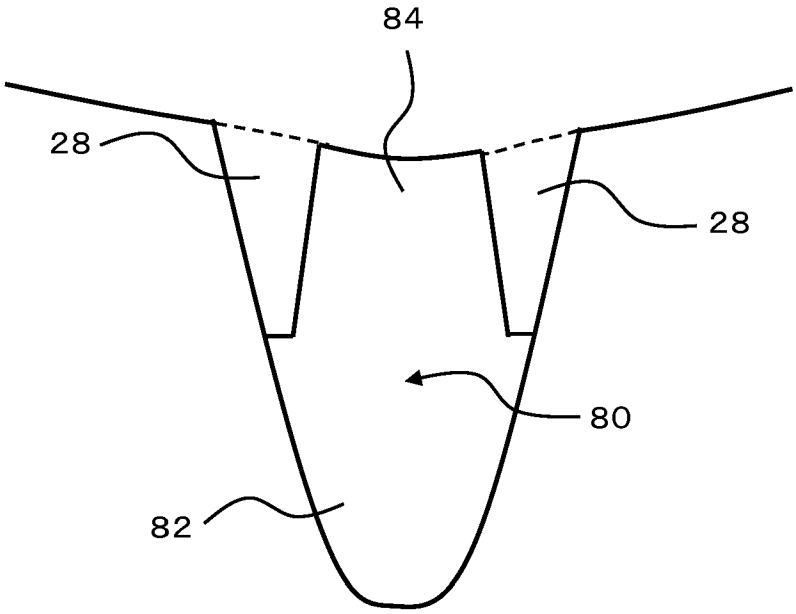
[図5]



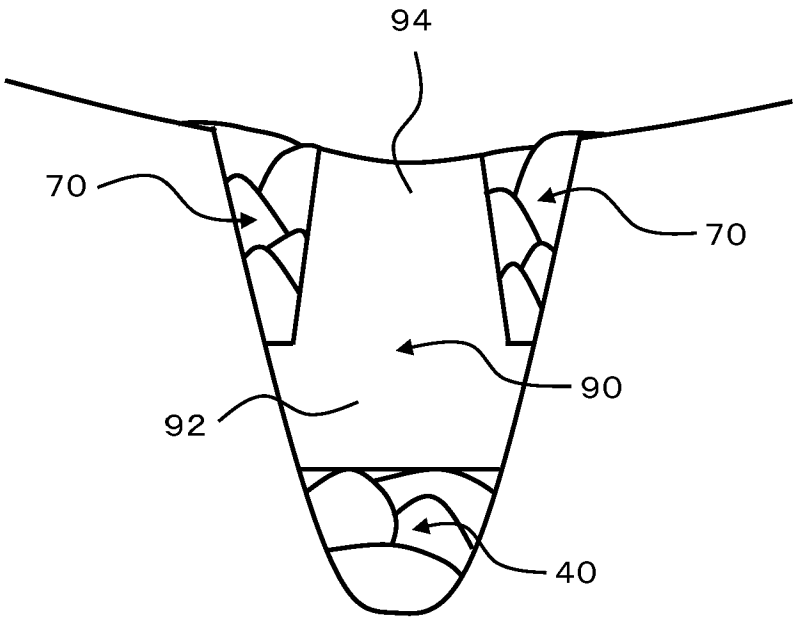
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/000761

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K31/00(2006.01)i, *B23K9/04*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B23K31/00, B23K9/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-132072 A (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 25 July 2016 (25.07.2016), paragraphs [0019], [0030], [0040]; fig. 3, 9 (Family: none)	1-8
A	JP 3-92615 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 17 April 1991 (17.04.1991), page 3, upper right column, line 19 to lower left column, line 17; fig. 2 (Family: none)	1-8
A	JP 2008-229719 A (United Technologies Corp.), 02 October 2008 (02.10.2008), entire text; all drawings & US 2008/0230156 A1 & EP 1972408 A2	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
06 February 2017 (06.02.17)	14 February 2017 (14.02.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０００７６１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K31/00(2006.01)i, B23K9/04(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K31/00, B23K9/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2016-132072 A (中国電力株式会社) 2016.07.25, 段落 0019,0030, 0040 及び図 3,9 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 3-92615 A (石川島播磨重工業株式会社) 1991.04.17, 第 3 ページ右上欄第 19 行－左下欄第 17 行及び第 2 図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2008-229719 A (ユナイテッド　テクノロジーズ　コーポレイション) 2008.10.02, 全文及び全図 & US 2008/0230156 A1 & EP 1972408 A2	1-8

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０６．０２．２０１７	１４．０２．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｐ　４０１６
奥隅　隆
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６３