

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5844047号  
(P5844047)

(45) 発行日 平成28年1月13日 (2016. 1. 13)

(24) 登録日 平成27年11月27日 (2015. 11. 27)

(51) Int. Cl.

F I

C 2 1 D 1/26 (2006. 01)

C 2 1 D 1/26 S

C 2 1 D 1/42 (2006. 01)

C 2 1 D 1/42 B

C 2 1 D 9/00 (2006. 01)

C 2 1 D 1/42 D

F 2 7 D 7/06 (2006. 01)

C 2 1 D 1/42 L

F 2 7 D 11/06 (2006. 01)

C 2 1 D 9/00 N

請求項の数 8 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-6625 (P2011-6625)  
 (22) 出願日 平成23年1月17日 (2011. 1. 17)  
 (65) 公開番号 特開2011-144453 (P2011-144453A)  
 (43) 公開日 平成23年7月28日 (2011. 7. 28)  
 審査請求日 平成26年1月15日 (2014. 1. 15)  
 (31) 優先権主張番号 12/688, 950  
 (32) 優先日 平成22年1月18日 (2010. 1. 18)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

前置審査

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3  
 4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1  
 番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聡志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久  
 (74) 代理人 100113974  
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 合金鋼部品のアニールシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高温環境への曝露により熱脆化した合金鋼部品の一部分をアニールするための合金鋼部品の熱処理システム ( 1 0 ) であって、

a ) 第一エンクロージャ ( 1 4 ) と、

b ) 第一エンクロージャ ( 1 4 ) に対向しており、第一エンクロージャと共に合金鋼部品の前記部分だけの周囲にチャンバ ( 2 2 ) を画成する第二エンクロージャ ( 1 6 ) と、

c ) チャンバ ( 2 2 ) 内に配置された合金鋼部品の前記部分を加熱する発熱体 ( 4 2 ) と、

d ) 第一エンクロージャ ( 1 4 ) 及び第二エンクロージャ ( 1 6 ) の少なくとも一方を貫通する 1 以上の排出部 ( 3 8 ) と、

e ) 第一エンクロージャ ( 1 4 ) 及び第二エンクロージャ ( 1 6 ) の少なくとも一方に連結した真空ポンプ ( 3 4 ) と

を備える、合金鋼部品の熱処理システム ( 1 0 ) 。

【請求項 2】

さらに、第一エンクロージャ ( 1 4 ) 及び第二エンクロージャ ( 1 6 ) の少なくとも一方に連結した不活性ガスの供給部 ( 2 8 ) を備える、請求項 1 記載の合金鋼部品の熱処理システム ( 1 0 ) 。

【請求項 3】

さらに、第一エンクロージャ ( 1 4 ) 及び第二エンクロージャ ( 1 6 ) の少なくとも一

10

20

方を貫通する 1 以上のポート ( 2 6 ) を備える、請求項 1 又は請求項 2 記載の合金鋼部品の熱処理システム ( 1 0 ) 。

【請求項 4】

前記発熱体 ( 4 2 ) が誘導コイルである、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項記載の合金鋼部品の熱処理システム ( 1 0 ) 。

【請求項 5】

高温環境への曝露により熱脆化した合金鋼部品の一部分をアニールするために請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項記載の合金鋼部品の熱処理システム ( 1 0 ) を用いて合金鋼部品を熱処理する方法であって、

a ) 合金鋼部品の第一側面 ( 5 0 ) に対して前記第一エンクロージャ ( 1 4 ) を配置する工程と、

b ) 合金鋼部品の第二側面 ( 5 0 ) に対して前記第二エンクロージャ ( 1 6 ) を配置する工程と、

c ) 第一エンクロージャ ( 1 4 ) と第二エンクロージャ ( 1 6 ) の間かつ合金鋼部品の前記部分だけの周囲に気密チャンバ ( 2 2 ) を形成する工程と、

d ) 気密チャンバ ( 2 2 ) 内にある合金鋼部品の前記部分を加熱する工程と、

e ) 前記排出部 ( 3 8 ) を介して気密チャンバ ( 2 2 ) から周囲空気又はガスを排出又はパージする工程と、

g ) 気密チャンバ ( 2 2 ) 内を真空にする工程とを含む方法。

【請求項 6】

さらに、気密チャンバ ( 2 2 ) 内に誘導コイル ( 4 2 ) を挿入する工程を含む、請求項 5 記載の合金鋼部品の熱処理方法。

【請求項 7】

さらに、気密チャンバ ( 2 2 ) を  $500^{\circ}\text{F} / \text{h}$  (  $280 / \text{h}$  ) 以上の加熱速度で  $1000^{\circ}\text{F}$  (  $540$  ) 以上に加熱する工程を含む、請求項 5 又は請求項 6 記載の合金鋼部品の熱処理方法。

【請求項 8】

さらに、気密チャンバ ( 2 2 ) 内に不活性ガス ( 2 8 ) を流す工程を含む、請求項 5 乃至請求項 7 のいずれか 1 項記載の合金鋼部品の熱処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に、合金鋼部品をアニールするシステム及び方法に関する。特に、本発明は合金鋼部品の一部分を熱処理するシステム及び方法を説明し、実現する。

【背景技術】

【0002】

合金鋼は、鉄と 50 重量 % 以下の合金元素、例えば、ニッケル、クロム、モリブデン、マンガン、バナジウム、ケイ素及びホウ素との組合せである。合金鋼は、炭素鋼に比べ、強度、硬さ、高温硬さ、耐摩耗性、焼入性及び / 又は韌性に優れる。合金鋼はさらに、合金元素の添加量によって特徴づけられ、通例、合金元素が 2 重量 % 未満 ~ 4 重量 % である低合金鋼と、合金元素が 4 重量 % 超である高合金鋼とがある。

【0003】

商業用途に用いられる合金鋼の例には、NiCrMoV 及び CrMoV 合金鋼がある。例えば、NiCrMoV 及び CrMoV 合金鋼はしばしば、ガスタービンのシャフト、フランジ、ホイール及びディスクに含有される。上記その他の合金鋼の熱処理は通常、合金鋼の強度、硬さ、耐摩耗性及び / 又は韌性を炭素鋼より向上するのに必要である。

【0004】

ガスタービン部品は通常、 $600^{\circ}\text{F}$  超の環境で長時間稼働する。高い運転温度に合金

10

20

30

40

50

鋼を長時間曝露すると、合金鋼の熱脆化が、特に合金鋼の表面又は表面近傍で起こる。例えば、熱脆化は通常、高温長時間の運転後のボア及びノ又はボルト孔の周りに生じる。熱脆化は合金鋼に僅かな微細組織変化を起こし、微細組織変化は合金鋼の破壊靱性を低減したり、合金鋼部品の有効寿命を制限する。合金鋼部品の有効寿命は種々の評価基準、例えば、合金鋼部品を高温に曝露する時間、又は合金鋼部品の破壊靱性及びノ又は破面遷移温度（F A T T）の低下によって求めることができる。これらのパラメータのいずれか又はその他のパラメータを用いて過度の亀裂形成及びノ又は亀裂伝播を招く熱脆化の発生を予測することができる。

【 0 0 0 5 】

高温環境への長時間曝露により熱脆化した合金鋼部品は、当業界で既知の熱処理方法を用いてアニール（焼きなまし）することができる。例えば、合金鋼部品を分解又は取り外し、適当なチャンバに入れて合金鋼部品を加熱することができる。しかし、合金鋼部品の寸法によっては、対応する大型チャンバが必要なことが多い。さらに、合金鋼部品の取り外し及び分解は、時間と費用がかかり、また商用装置を稼働できないメンテナンス時間が長くなる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 0 9 4 8 3 2 号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

したがって、合金鋼部品をアニールする改良システム及び方法が必要とされている。改良システム及び方法により合金鋼部品の局所部分をアニールしてアニールプロセスにともなう時間及びコストを低減し、結果として商用装置の稼働できない時間を減らすのが理想的である。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の観点及び利点を以下に説明するが、以下の説明から明らかになったり、本発明を実施することから分かることもある。

【 0 0 0 9 】

本発明の 1 実施形態は合金鋼部品を熱処理するシステムである。システムは第一エンクロージャと第一エンクロージャに対向する第二エンクロージャとを備える。第一及び第二エンクロージャは合金鋼部品の一部分だけの周囲にチャンバを画成する。システムはさらに、チャンバ内に合金鋼部品の一部分を加熱する発熱体を備える。

【 0 0 1 0 】

本発明の別の実施形態は合金鋼部品を熱処理する方法である。本方法では、合金鋼部品の第一側面に対して第一エンクロージャを配置し、合金鋼部品の第二側面に対して第二エンクロージャを配置する。本方法ではさらに、第一エンクロージャと第二エンクロージャの間かつ合金鋼部品の一部分だけの周囲に実質的に気密なチャンバを形成し、実質的に気密なチャンバ内にある合金鋼部品の部分を加熱する。

【 0 0 1 1 】

上記その他の実施形態の特徴及び観点は、本明細書を読むことで当業者に一層明らかになるであろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

以下に添付の図面を参照しながら、当業者を対象とした、最良の形態を含む本発明の完全かつ実施可能な開示を詳細に説明する。

【 図 1 】 本発明の 1 実施形態による、合金鋼部品のアニールシステムの断面図である。

【 図 2 】 合金鋼部品の周囲に設置した図 1 に示す実施形態の断面図である。

10

20

30

40

50

【図 3】アニールプロセス中の予測温度プロファイルを示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に本発明の現在の実施形態を詳細に説明し、その例を添付図面に示す。詳細な説明では、数の符号を用いて図面中の部位を示す。図面及び説明での同じ又は同様な符号は本発明の同じ又は同様な部品を示すために使用している。

【0014】

例示は本発明の説明のためのものであり、本発明を限定するものではない。実際、本発明の要旨から逸脱することなく、本発明を改変及び変更し得ることが当業者に明らかである。例えば、1実施形態の一部分として例示又は説明された構成要素を別の実施形態に用いてさらに他の実施形態とすることができる。したがって、本発明はこのような変更及び改変も特許請求の範囲及びその均等物に入るものとして包含する。

【0015】

図 1 は本発明の 1 実施形態による、合金鋼部品の熱処理システム 10 の断面図を示す。図示するように、システム 10 は第一エンクロージャ 14 及び相補的な第二エンクロージャ 16 を備える。第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 は、約 1300 °F までの連続的かつ周期的温度に耐えることができる任意適当な材料で製造することができる。例えば、第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 は、鋼、合金鋼、ガラス繊維又は当業者に既知の類似材料で製造することができる。第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 は、アニールする合金鋼部品を収容するのに適当な円形、四角形、楕円形、その他の形状にすることができる。第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 の長さ及び幅は、合金鋼部品のアニールする部分を収容するように選択することができる。

【0016】

各エンクロージャ 14、16 は、外表面 18 及び内表面 20 を有する。エンクロージャを合金鋼部品のアニールする部分の周囲に設置すると、内表面 20 はエンクロージャ 14 と 16 間かつ合金鋼部品のアニールする部分の周囲に空洞又はチャンバ 22 を画成する。第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 にはさらに、気密シールを形成し、チャンバ 22 を実質的に気密にするガスケット 24、グロメット、O-リング又は類似手段を設けることができる。

【0017】

第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 にはさらに、周辺機器に適合する 1 つ又は 2 つ以上のポートを設けることができる。例えば、図 1 に示すように、第一エンクロージャ 14 には、ガスの供給部 28 と第一エンクロージャ 14 とを流体連通するガスポート 26 を設けることができる。ガス供給部 28 を遮断弁 30 を介してガスポート 26 に連結してガスを第一エンクロージャ 14 に流したり、止めたりすることができる。ガス供給部 28 は、合金鋼部品の周囲に望ましい環境を実現する任意適当なガスを供給することができる。例えば、ガス供給部 28 はアニールプロセス中に合金鋼部品を取り囲むようにアルゴン又は窒素などの不活性ガスを供給することができる。不活性ガス環境は、アニールプロセス中のチャンバ 22 内の周囲空気による酸化や脱炭を低減することができる。

【0018】

第一エンクロージャ 14 にはさらに、真空ポンプ 34 を第一エンクロージャ 14 に連結する真空ポート 32 を設けることができる。真空ポンプ 34 を用いて第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 が画成するチャンバ 22 を真空に引くことができる。真空ポート 32 と真空ポンプ 34 の間に遮断弁 36 を設け、真空ポンプ 34 を使用しないときに第一エンクロージャ 14 を遮断することができる。

【0019】

図 1 に示すように、第二エンクロージャ 16 には、遮断弁 40 に連結した排出ポート 38 を設けることができる。アニールプロセスの様々な段階で排出ポート 38 を用いてチャンバ 22 から周囲空気又はガスを排出又はパージすることができる。図 1 に示す実施形態

ではポートの位置が記載されているが、別の実施形態では、ポートは第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 のどちらか一方又は両方にあってもよいことは明らかである。

#### 【0020】

システム 10 は、第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 を貫通して両者間に画成されたチャンバ 22 内に延在する誘導コイル 42 又は類似の発熱体も備える。誘導コイル 42 又は他の適当な発熱体は、第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 が画成するチャンバ 22 を加熱する熱源となり、合金鋼部品のアニールする部分を加熱する。誘導コイル 42 又は適当な発熱体の寸法は、アニールする合金鋼部品の寸法及び達成すべき所望の加熱速度に依存する。第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 の開口部 44 には、種々の寸法の誘導コイル 42 又は他の適当な発熱体を収容し、誘導コイル 42 と第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 との間に適当なシールを形成するガスケット材 46、断熱材、ゴム又は類似材料を設けることができる。

10

#### 【0021】

図 2 はアニールする合金鋼部品を設置した図 1 に示すシステム 10 の断面図を示す。この図では、合金鋼部品はガスタービンロータのディスクであり、システム 10 はディスクのボア 48 を取り囲み、アニールするように設置されている。図 2 に示すように、第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 は、合金鋼部品の対向側面 50 上に設置する。結果として、合金鋼部品のアニールする部分を取り囲むエンクロージャ 14 と 16 間のチャンバ 22 は実質的に気密である。誘導コイル 42 又は他の適当な発熱体は、第一エンクロージャ 14 及び第二エンクロージャ 16 を貫通し、チャンバ 22、したがって合金鋼部品のアニールする部分を局所加熱する。

20

#### 【0022】

図 1 及び図 2 に示すシステム 10 を用いて次のように合金鋼部品を熱処理することができる。アニールする合金鋼部品の第一側面 50 に対して第一エンクロージャ 14 を配置し、アニールする合金鋼部品の第二側面 50 に対して第二エンクロージャ 16 を配置する。アニールする合金鋼部品の第一及び第二側面 50 は合金鋼部品のアニールする特定の部分を含む対向側面でも隣接側面でもよい。合金鋼部品のアニールする部分を取り囲むように第一エンクロージャ 14 と第二エンクロージャ 16 が画成するチャンバ 22 は実質的に気密である。

30

#### 【0023】

排出ポート 38 の遮断弁 40 を単独に或いは不活性ガスポート 26 の遮断弁 30 と共に開いてチャンバ 22 から空気をパージすることができる。所望により、ガス供給部 28 は不活性ガス又は他の媒体をチャンバ 22 に供給することができる。別の用例では、真空ポート 32 の遮断弁 36 を開き、真空ポンプ 34 を作動してチャンバ 22 を真空に引くことができる。

#### 【0024】

その後、誘導コイル 42 又は他の適当な発熱体を付勢して、実質的に気密なチャンバ 22 を 1000 °F 以上に加熱し、合金鋼部品の局所部分をアニールすることができる。誘導コイル 42 又は他の適当な発熱体は 500 °F / h 超、ある実施形態では 1000 °F / h 超の加熱速度で実質的に気密なチャンバを加熱することができる。その後、温度を、好ましくは 1000 ~ 1200 °F に、合金鋼部品の所望のアニールを行うのに適した時間維持することができる。例えば、実質的に気密なチャンバ 22 の温度を 1000 °F 超に合金鋼部品の厚さ 1 インチ当たり少なくとも 1 ~ 2 時間維持することにより、適当なアニールを達成することができる。

40

#### 【0025】

実質的に気密なチャンバ 22 内でアニール温度を所望の時間維持した後、誘導コイル 42 又は他の適当な発熱体を減勢して合金鋼部品を室温まで冷却することができる。ガスポート 26 の遮断弁 30、40 及び / 又は排出ポート 38 を開いて冷却空気及び / 又は不活性ガスをチャンバ 22 に流し、合金鋼部品が冷却する際の温度脆化をできるだけ少なくす

50

るのに望ましい合金鋼部品の冷却速度を達成する。1000°F～700°Fの間は合金鋼部品の温度を速い冷却速度で下げ、かくして合金鋼部品がこのような温度で温度脆化し、それによってアニールプロセスのいくつかの効果を打ち消す可能性を減らすのが好ましい。例えば、合金鋼部品の温度が約700°F未満になるまで、冷却空気を調節して100～150°F/hの冷却速度を達成することができる。合金鋼部品の温度が約700°F未満になったら、より遅い冷却速度を用いることができ、合金鋼部品が室温になるまでそうである。

#### 【0026】

アニールプロセス中、チャンバ22及び/又はアニールする合金鋼部品の温度を慎重にモニターすることができる。例えば、熱電対、高温計、測温抵抗体、赤外レーザなどの計器をチャンバ22内に又は合金鋼部品のアニールする局所部分に取り付けてシステム10の温度、加熱速度及び冷却速度をモニターすることができる。

10

#### 【0027】

図3はアニールプロセス中のシステム10の予測温度プロファイルを示す。図3に示すように、誘導コイル42又は他の適当な発熱体は、合金鋼部品の局所部分をアニールするのに望ましい温度に実質的に気密なチャンバ22内の温度を維持する。誘導コイル42又は他の適当な発熱体によって実現される加熱は局所加熱であるので、図3の温度曲線の下降で示すように温度はチャンバ22の外側で急激に下がる。その結果、本発明のシステム10及び方法は、チャンバ22の外側にある合金鋼部品の残部にゆがみや残留応力を生じない。

20

#### 【0028】

本発明のシステム10及び方法は、合金鋼部品の局所部分をアニールし、これにより合金鋼の破壊靱性を設計部品の元の破壊靱性に近いか等しい値まで回復することを可能にする。システム10及び方法は、合金鋼部品をそのまま或いは簡単な分解をしてアニールすることができるので、大型チャンバを必要とせずかつ商用装置を稼働できない時間を減らす。さらに、合金鋼部品の局所熱処理は、合金鋼部品全体の熱処理により生じることがあるゆがみ又は残留応力を低減する。

#### 【0029】

アニールする合金鋼部品を個別又はバッチプロセスで処理することができる。例えば、図2に示すローターディスクを個別に処理しても別のローターディスクと部分的に積み重ねて処理してもよい。図2はローターディスクのボア48を処理するシステム10を示すが、システム10はローターディスクの別の部分、例えばボルト孔又は他の表面を取り囲むように簡単に改造することができる。

30

#### 【0030】

本明細書では、具体例を挙げて、最良の形態を含む本発明を開示するとともに、装置又はシステムの製造及び使用、必要な方法の実行を含めて当業者が本発明を実施できるようにしている。本発明の要旨は、特許請求の範囲に規定された通りで、当業者が想起できる他の例を含むことができる。このような他の例は、特許請求の範囲の文言と異なる構造要素を有するか、特許請求の範囲の文言と実質的に異なる均等な構造要素を含むならば、特許請求の範囲に含まれる。

40

#### 【符号の説明】

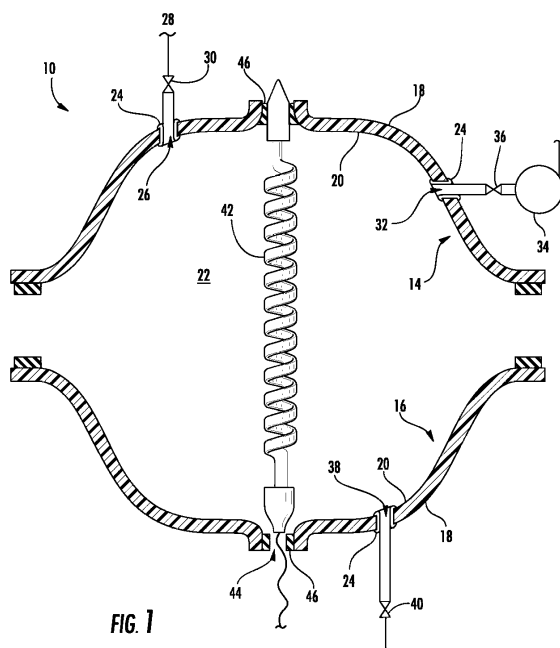
#### 【0031】

- 10 システム
- 14 第一エンクロージャ
- 16 第二エンクロージャ
- 18 外表面
- 20 内表面
- 22 チャンバ
- 24 ガスケット
- 26 ガスポート

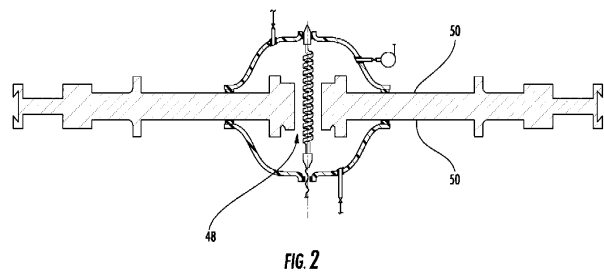
50

28	ガスの供給部
30	ガス遮断弁
32	真空ポート
34	真空ポンプ
36	真空遮断弁
38	排出ポート
40	排出遮断弁
42	誘導コイル
44	開口部
46	ガスケット
48	ボア孔
50	ディスクの対向側面

【図1】



【図2】



【図3】

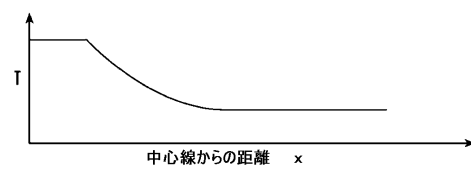


FIG. 3

---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
F 2 7 D 7/06 B  
F 2 7 D 11/06 Z

(72)発明者 ジェイソン・ロバート・パロリーニ  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリントン・ロード、300番  
(72)発明者 ジョン・ランドルフ・ウッド  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリントン・ロード、300番

審査官 鈴木 葉子

(56)参考文献 特開昭50-101207(JP,A)  
特開平08-134548(JP,A)  
特開昭61-295322(JP,A)  
特開昭62-290826(JP,A)  
特開2008-267704(JP,A)  
特開昭55-028398(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C 2 1 D 1 / 0 2 - 1 / 8 4  
C 2 1 D 9 / 0 0 - 9 / 4 4 , 9 / 5 0  
F 2 7 D 7 / 0 0 - 1 5 / 0 2