(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4688162号
(P4688162)
(45)発行日　平成23年5月25日(2011.5.25)　(24)登録日　平成23年2月25日(2011.2.25)

(51)Int.Cl.　　F I
G01N 3/32 (2006.01)　　G01N 3/32 A
G01N 3/60 (2006.01)　　G01N 3/60 H
G01N 3/60 P
G01N 3/60 Q

請求項の数 8　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2006-103839 (P2006-103839)
(22)出願日　平成18年4月5日 (2006.4.5)
(65)公開番号　特開2007-278779 (P2007-278779A)
(43)公開日　平成19年10月25日 (2007.10.25)
審査請求日　平成21年1月23日 (2009.1.23)

(73)特許権者　000001993
株式会社島津製作所
京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地
(73)特許権者　000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町１番地
(74)代理人　100090608
弁理士　河▲崎▼　眞樹
(72)発明者　堀川　純
京都市中京区西ノ京桑原町１番地　株式会社　島津製作所内
(72)発明者　早坂　敏明
愛知県豊田市トヨタ町１番地　トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】熱疲労用試験方法および熱疲労試験用試験片並びに熱疲労試験の試験片装着用継手

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
試験片の両端部を一対の掴み具に把持した状態で、試験片の周囲に配置した高周波誘導加熱用コイルにより当該試験片を加熱する工程と、その高周波誘導加熱用コイルに設けたノズルを介して冷却ガスを吹き付けることにより試験片を冷却する工程を繰り返しつつ、伸び計の一対の検出棒を試験片の各標点にそれぞれ当接させてその伸びを計測するとともに、その計測結果が所要の値となるように上記一対の掴み具を介して試験片に負荷を加える熱疲労試験方法において、
試験片の両端部に雄ねじを形成し、その各雄ねじを、それぞれに対応するアダプタに形成した雌ねじにねじ込んだ状態でナットにより当該各アダプタに対して締めつけ、上記一対の掴み具にはそれぞれアダプタを介して試験片を把持するとともに、上記アダプタおよびナットを非磁性体材料とし、かつ、ナットとして、その外周面と上記高周波誘導加熱用コイル側の端面との間のコーナー部分に、当該ナットの厚さの６０％以上に及ぶ面取りを形成したものを用いるとともに、上記各ナットと試験片の両端部の雄ねじの関係を、各ナットを締めつけた状態で試験片の雄ねじのねじ山がナットで覆われて外部に露出しない関係とすることを特徴とする熱疲労試験方法。
【請求項２】
上記高周波誘導加熱用コイルに対する試験片表面の距離を９～３０ｍｍとした状態で試験を行うことを特徴とする請求項１に記載の熱疲労試験方法。
【請求項３】

試験片に対する上記伸び計の検出棒の押し付け力を２４０ｇｆ以上とすることを特徴とする請求項１または２に記載の熱疲労試験方法。
【請求項４】
請求項１、２または３に記載の熱疲労試験方法に用いる試験片であって、
上記アダプタに対する試験片の振れ量を０．１ｍｍ以下とすることを特徴とする熱疲労試験用試験片。
【請求項５】
請求項１、２または３に記載の熱疲労試験方法に用いる試験片であって、
標点間における表面粗さを、１．６ｚ以下とすることを特徴とする熱疲労試験用試験片。
【請求項６】
請求項１、２または３に記載の熱疲労試験方法に用いるアダプタおよびナットからなる継手であって、
その材料が、熱伝導率が１２０Ｗ／ｍ・Ｋ以上の材料であることを特徴とする熱疲労試験の試験片装着用継手。
【請求項７】
請求項１、２または３に記載の熱疲労試験方法に用いるアダプタおよびナットからなる継手であって、
その材料が、引張強さ４７５ＭＰａ以上の材料であることを特徴とする熱疲労試験の試験片装着用継手。
【請求項８】
請求項１、２または３に記載の熱疲労試験方法に用いるアダプタおよびナットからなる継手であって、
その材質がベリリウム銅であることを特徴とする熱疲労試験の試験片装着用継手。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、材料の熱疲労試験方法と、その方法に用いる試験片、並びにその熱疲労試験において試験片を負荷機構に装着するための継手に関し、更に詳しくは、実部品から切り出したような小型の試験片の熱疲労試験方法とその試験片、並びに当該試験片を負荷機構に装着するための継手に関する。
【背景技術】
【０００２】
実部品から切り出したような小型の試験片に対して熱疲労試験を行う方法として、従来、試験温度範囲において試験片より熱膨張係数が小さく、かつ、熱膨張係数が急激に変化する温度特異点が存在しない低膨張材料からなり、両端部にそれぞれ刃を設けた２枚のホルダにより、試験片の両側を拘束するようにそれぞれの刃を試験片の両端部に圧入するとともに、その両端部を弾性部材を介してボルト等の結合手段により結合して試験片を拘束し、その拘束状態で加熱・冷却サイクルを繰り返し行うことで、試験片とホルダの熱膨張差により生じる熱歪みを試験片の評価部分に集中させるようにする方法が提案されている（例えば特許文献１参照）。
【０００３】
また、従来から、油圧サーボ式材料試験機と、冷却ガスを直接試験片表面に吹きつけるためのノズルを備えた高周波誘導加熱用コイルを有している加熱・冷却装置を組み合わせた熱疲労試験機が知られている。この熱疲労試験機においては、試験片の熱歪みを伸び計によって常時計測し、油圧により機械的に試験片の歪みを制御することにより、試験片の熱歪みをあらかじめ設定されている目標値と一致させることができる。
【特許文献１】特開２００３－３５６４４号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】

【０００４】
ところで、上記した従来の熱疲労試験方法によると、比較的簡単な装置構成のもとに熱疲労試験を行うことが可能となるのであるが、試験片とホルダの熱膨張差によって繰り返し熱歪みを生じさせるため、試験片やホルダの冷熱の繰り返しによる経時変化に伴う寸法変化が発生し、意図する一定値の繰り返し熱歪みを付与することが困難となるという問題があった。
【０００５】
一方、従来から知られている油圧サーボ式材料試験機と冷却ノズル付きの高周波誘導加熱用コイルを組み合わせた熱疲労試験機によると、試験片の刻々の伸びが伸び計により計測され、その計測結果を用いたフィードバック制御により試験片の歪みを機械的に制御するため、一定値の繰り返し熱歪みを付与することが可能となる。
【０００６】
しかしながら、油圧サーボ式材料試験機と冷却ノズル付きの高周波誘導加熱用コイルを組み合わせた従来の熱疲労試験機においては、試験片の両端部を直接的に掴み具で把持するため、実部品から切り出したような小型の試験片を用いて熱疲労試験を行う場合には、掴み具が高周波誘導加熱用コイルと近接するため、掴み具も誘導加熱されてしまい、試験片の標点部分の温度分布が崩れ、正確な冷熱を与えることが困難となるという問題があった。
【０００７】
本発明はこのような実情に鑑みてなされたもので、基本的には、試験片に対して一定値の繰り返し熱歪みを付与することのできる油圧サーボ式材料試験機と冷却ノズル付きの高周波誘導加熱用コイルを用いた熱疲労試験機を用いながら、上記のような小型の試験片であっても、掴み具の誘導加熱を防止して、試験片の標点間領域の温度分布を崩すことなく正確な試験を行うことのできる熱疲労試験方法と、その方法に用いるのに適した熱疲労試験用試験片、並びに同方法に用いるのに適した試験片装着用の継手の提供をその課題としている。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
上記の課題を解決するため、本発明の熱疲労試験方法は、試験片の両端部を一対の掴み具に把持した状態で、試験片の周囲に配置した高周波誘導加熱用コイルにより当該試験片を加熱する工程と、その高周波誘導加熱用コイルに設けたノズルを介して冷却ガスを吹き付けることにより試験片を冷却する工程を繰り返しつつ、伸び計の一対の検出棒を試験片の各標点にそれぞれ当接させてその伸びを計測するとともに、その計測結果が所要の値となるように上記一対の掴み具を介して試験片に負荷を加える熱疲労試験方法において、試験片の両端部に雄ねじを形成し、その各雄ねじを、それぞれに対応するアダプタに形成した雌ねじにねじ込んだ状態でナットにより当該各アダプタに対して締めつけ、上記一対の掴み具にはそれぞれアダプタを介して試験片を把持するとともに、上記アダプタおよびナットを非磁性体材料とし、かつ、ナットとして、その外周面と上記高周波誘導加熱用コイル側の端面との間のコーナー部分に、当該ナットの厚さの６０％以上に及ぶ面取りを形成したものを用いるとともに、上記各ナットと試験片の両端部の雄ねじの関係を、各ナットを締めつけた状態で試験片の雄ねじのねじ山がナットで覆われて外部に露出しない関係とすることによって特徴づけられる（請求項１）。
【０００９】
ここで、本発明方法においては、上記高周波誘導加熱用コイルに対する試験片表面の距離を９～３０ｍｍとした状態で試験を行うこと（請求項２）が望ましい。また、本発明方法においては、試験片に対する上記伸び計の検出棒の押し付け力を２４０ｇｆ以上とすること（請求項３）が望ましい。
【００１０】
一方、本発明の熱疲労試験用試験片は、請求項１、２または３に記載の熱疲労試験方法に用いる試験片であって、上記アダプタに対する試験片の振れ量を０．１ｍｍ以下とする

こと（請求項４）が望ましい。

【００１１】

また、請求項５に係る発明の熱疲労試験片は、同じく請求項１，２または３に記載の熱疲労試験方法に用いる試験片であって、標点間における表面粗さを、１．６ｚ以下とすることによって特徴づけられる。

【００１２】

また、本発明の熱疲労試験の試験片装着用継手は、請求項１、２または３に記載の熱疲労試験方法に用いるアダプタおよびナットからなる継手であって、その材料が、熱伝導率が１２０Ｗ／ｍ・Ｋ以上の材料であることによって特徴づけられる（請求項６）。

【００１３】

また、請求項７に係る発明の熱疲労試験の試験片装着用継手は、同じく請求項１、２または３に記載の熱疲労試験方法に用いるアダプタおよびナットからなる継手であって、その材料が、引張強さ４７５ＭＰａ以上の材料であることによって特徴づけられる。

【００１４】

更に、請求項８に係る発明の熱疲労試験の試験片装着用継手は、同じく請求項１、２または３に記載の熱疲労試験方法に用いるアダプタおよびナットからなる継手であって、その材質がベリリウム銅であることによって特徴づけられる。

【００１５】

本発明は、油圧サーボ式材料試験機と冷却ノズル付きの高周波誘導加熱用コイルを組み合わせた熱疲労試験機を用いて、小型の試験片の試験を行うに当たり、試験片の両端部を継手を介して掴み具に把持することにより、掴み具を高周波誘導加熱用コイルから極力遠ざけるとともに、その継手の材料を非磁性体の材料としたうえで、種々の実験を行った結果としてなされたものである。

【００１６】

すなわち、本発明の熱疲労試験方法においては、試験片の両端部に雄ねじを形成し、その両端部の雄ねじをそれぞれ、非磁性体の材料からなるアダプタに形成した雌ねじにねじ込むとともに、その雄ねじに同じく非磁性体の材料からなるナットをねじ込んでアダプタに対して締めつけることにより、試験片の両端部にアダプタとナットからなる継手を装着する。その状態で、各継手を一対の掴み具にそれぞれ把持する。つまり、非磁性体の材料からなる継手を介して試験片の両端部を掴み具に把持し、機械的な負荷を掛けるようにする。

【００１７】

そして、継手を非磁性体としても、高周波誘導加熱用コイルに向く突起が存在すれば継手温度が上昇してしまい、正確な試験を行うことができないことが判った。そこで、請求項１に係る発明においては、継手を構成するナットの形状を、高周波誘導加熱用コイル側の端面と外周面とが交叉するコーナー部分の突起（エッジ）をなくするべく、その部分に、ナットの厚みの６０％以上に及ぶ面取りを形成したものを用いた。これにより、ナットの昇温が抑制され、ひいては試験片の温度分布を乱すことを防止することができる。

【００１８】

更に、請求項１に係る発明においては、上記に加えて、ナットを試験片の雄ねじにねじ込んでアダプタに対して締めつけた状態で、試験片の雄ねじのねじ山がそのナットにより覆われる状態とする。つまり、上記のように面取りを施したナットにより試験片のねじ山を隠す。このような試験片のねじ山とナットとの関係を採用することにより、試験片の雄ねじのねじ山部分が局所的に昇温することを防止することができ、試験片の標点間以外の部位が加熱されにくくなる。

【００１９】

また、熱疲労試験においては、試験片の標点間内の温度が極力均一であることが必要であるが、小型の試験片ではその熱容量が小さく、試験片を加熱する高周波誘導加熱用コイルとの距離に対して敏感となる。すなわち、試験片とコイルとの距離が大きいと雰囲気温度のバラツキの影響を受けやすくなり、標点間内の温度差が大きくなる。逆にその距離が

小さいと、試験片の高周波誘導加熱用コイルとの同軸の程度の影響を受けやすくなり、標点間内の温度差が大きくなる。請求項２に係る発明のように、試験片と高周波誘導加熱用コイルとの距離を９～３０ｍｍとすると、標点間内の温度差が顕著に減少すること（図７参照）が判った。

【００２０】

更に、小型の試験片においては、その剛性が小さいため、伸び計の検出棒の押し付け力に対して敏感である。すなわち、検出棒の押し付け力が小さいと、試験片に熱歪みが発生したとき、検出棒が試験片表面ですべるため、熱歪みを正確に検知できない。請求項３に係る発明のように、試験片に対する伸び計の検出棒の押し付け力を２４０ｇｆ以上とすることにより、検出棒のすべり量が顕著に減少する（図８参照）。

【００２１】

疲労試験においては、試験片の標点間内に発生する歪みが円周方向のどの位置で計っても極力均一であることが必要であるが、小型の試験片を継手を介して掴み具に把持する場合、試験片が敏感であるが故に曲げ応力が発生しやすく、標点間内に発生する歪みが不均一になりやすい。この把持状態で試験片に曲げ応力が発生する主たる原因の一つに、試験片の継手に対する振れがある。そこで、請求項４に係る発明では、継手に対する試験片の振れ量を０．１ｍｍ以下とする。このような装着の仕方により、標点間の歪み差が顕著に減少する（図６参照）。

【００２２】

試験片を高温に加熱する熱疲労試験において、試験片の表面に伸び計の検出棒を接触させてその刻々の伸びを検出する場合、加熱により試験片が軟化し、伸び計の検出棒が次第に試験片に食い込んでいく場合がある。これによって生じた切欠きを起点として、試験片の本来の寿命よりも早期に熱疲労破壊が生じてしまうことがある。これは、小型の試験片を用いる場合に特に生じやすい。請求項５に係る発明のように、この種の熱疲労試験に用いる試験片として、その標点間の表面粗さを１．６ｚ以下にすると、試験片表面の粗さに起因する凸部への高周波加熱の集中が抑制される結果、伸び計の検出棒の試験片表面への食い込み量が顕著に減少し、食い込み部からの破壊を抑制することができる（図９参照）。

【００２３】

本発明のように小型の試験片を継手に装着した状態で掴み具に把持して熱疲労試験を行う場合、試験片の熱容量が小さいため、その降温速度が継手の熱伝達率に敏感となる。継手の材料として、請求項６に係る発明のように、熱伝導率が１２０Ｗ／ｍ・Ｋ以上の材料を採用すると、試験片の冷却時における降温速度が顕著に増大する（図４参照）。

【００２４】

本発明においては、試験片の両端部に雄ねじを形成して、その各雄ねじを各アダプタに形成された雌ねじにねじ込み、更に雄ねじにナットをねじ込むことによって各アダプタに締めつけ、そのアダプタ並びにナットからなる継手を介して試験片の両端部を掴み具に把持するのであるが、試験中の加熱・冷却の繰り返しに伴い、ナットの締結トルクが初期の値から低下し、ナットの緩みが生じる。この結果、試験片の機械的歪みを付与するクロスヘッドのストロークが長くなり、試験条件の１サイクル当たりの時間に追従できないと、正確に機械的歪みを与えることができなくなる。請求項７に係る発明のように、アダプタおよびナットとして、引張強さが４７５ＭＰａ以上の材料を用いると、締結トルクの低下率が顕著に減少し、試験片に初期に設定した機械的歪みを継続的に付与することが可能となる（図５参照）。

【００２５】

ここで、本発明において用いる継手は、上記から明らかなように、その形状ばかりでなく材質も、正確な試験を行ううえで重要なポイントとなる。継手の材質は、請求項８に係る発明のようにベリリウム銅とすることがよい。ベリリウム銅は非磁性体であり、熱伝導度が大きく、かつ、相応の引張強さを有しており、この種の熱疲労試験を行う際の継手の材料として適している。

【発明の効果】
【００２６】
本発明によれば、実部品から切り出したような小型の試験片であっても、その両端部を非磁性体からなる継手を介して一対の掴み具に把持した状態で、高周波誘導加熱用コイルによる加熱と、そのコイルに設けた冷却用ノズルからの冷却ガスの吹きつけによる冷却を繰り返しつつ、各標点に伸び計の検出棒を当接させて歪みを検出し、その検出値が目標値に一致するように油圧サーボ機構により試験片に負荷を加える正確な熱疲労試験を行うことが可能となった。
【００２７】
また、試験片に形成した雄ねじのねじ山をナットで覆った状態で試験を行うことで、試験片の局所的な昇温を防止して主として標点間の温度分布を均一なものとすることができるとともに、アダプタに対する試験片の振れ量を０．１ｍｍ以下とすることで標点間の歪み差が少なくなり、正確な試験を行うことが可能となる。
【００２８】
更に、高周波誘導加熱用コイルに対する試験片表面の距離を９～３０ｍｍとして試験を行うことにより、標点間における温度差を小さくすることができ、また、試験片に対する伸び計の検出棒の押し付け力を２４０ｇｆ以上とすることで、検出棒が試験片の表面に対してすべることを抑制することができ、正確な歪みの付与が可能となる。
【００２９】
更にまた、このような試験に供する試験片としては、標点間における表面粗さを１．６ｚ以下とすることによって、粗さの山部に高周波加熱が集中することを抑制でき、検出棒の試験片表面への食い込みに起因する試験片の早期破壊の発生を防止することができる。

【００３０】
そして、試験片の両端部に装着されるアダプタとナットからなる継手としては、熱伝導率が１２０Ｗ／ｍ・Ｋ以上の材料を採用することで、特に試験片の冷却時における降温速度が向上し、また、これらのアダプタおよびナットの引張強さを４７５ＭＰａ以上とすると、加熱・冷却を繰り返し行ったときのナットの締結トルクの低下を抑制して正確な歪みを与えることができる。そして、このような継手の材料としてベリリウム銅を用いることにより、上記の各条件を満足して再現性よく正確な試験を行うことができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００３１】
以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。
図１は本発明の実施の形態の要部構成図であり、図２はその高周波誘導加熱用コイル２の１ターン分の部分断面図で、図３は試験片Ｗに継手１を装着した状態を示す部分断面正面図である。
【００３２】
試験片Ｗは、その全長が約６０ｍｍ程度であって、標点間距離は２０ｍｍである。この試験片Ｗは、その両端部にそれぞれ後述する継手１が装着された状態で、各継手１を介して上下一対の掴み具２１，２２に把持されている。各掴み具２１，２２は油圧サーボ式の材料試験機に取り付けられており、そのうち下方の掴み具２１はテーブルに、上方の掴み具２２はクロスヘッドに取り付けられている。クロスヘッドは油圧サーボ機構によりテーブルに対して上下方向に接近／離隔し、これにより試験片Ｗに負荷が加えられる。
【００３３】
試験片Ｗの周囲には、３ターンの高周波誘導加熱用コイル３が配置されている。この各ターンは接続部（図示せず）により相互に直列に接続されており、その接続部の両端は高周波電源に接続され、その高周波電源からコイル３に高周波電圧が流され、これによって試験片Ｗが誘導加熱される。
【００３４】
高周波誘導加熱用コイル３は、その１ターン分の部分断面図を図２に示すように２つの

角パイプ３１，３２を内外に配置した二重のパイプ構造となっており、内側の角パイプ３１内には冷却ガスが流されるとともに、その内側の壁体には周方向に多数のノズル３１ａが形成されており、この各ノズル３１ａから内側の試験片Ｗに向けて冷却ガスを吹きつけることによって試験片Ｗを冷却することができる。外側の各パイプ３２には、コイル自体を冷却するための冷却水が流される。

【００３５】

試験片Ｗは、図３に示すように、その両端部に継手１が装着された状態で、その各継手１が掴み具２１，２２に把持される。すなわち、継手１はアダプタ１１とナット１２によって構成され、アダプタ１１にはその一端面に雌ねじ１１ａが形成されている。試験片Ｗにはその両端部に雄ねじＷａが形成されており、この雄ねじＷａがアダプタ１１の雌ねじ１１ａにねじ込まれ、かつ、中心側からナット１２により締めつけることにより、試験片Ｗの両端部に継手１が装着固定された状態となる。その状態で両側の継手１のアダプタ１１を掴み具２１，２２に把持し、試験を行う。

【００３６】

ナット１２は、その高周波誘導加熱用コイル３側の端面（アダプタ１１と反対側の端面）１２ａと外周面１２ｂとの間のコーナー部分に、その厚み（軸方向寸法）の６０％以上に及ぶ面取り１２ｃが形成されている。また、このナット１２は、継手１を試験片Ｗに装着固定した状態で、試験片Ｗに形成されている雄ねじＷａのねじ山を覆った状態とされている。そして、これらのアダプタ１１およびナット１２は、いずれもベリリウム銅によって形成されている。

【００３７】

試験片Ｗの２箇所の標点には、伸び計４の２本の検出棒４１，４２が高周波誘導加熱用コイル３の間を通るようにして当接しており、この伸び計４により試験中における試験片Ｗの標点間の刻々の伸びが計測される。

【００３８】

さて、以上の構成において、試験片Ｗは高周波誘導加熱用コイル３により加熱と、ノズル３１ａからの冷却ガスの吹きつけによる冷却が繰り返され、その間、伸び計４による試験片Ｗの標点間の刻々の伸びの計測結果を目標値にフィードバックすることにより、試験片Ｗにあらかじめ設定されている伸びが加わるように、上方の掴み具２２が取り付けられているクロスヘッドが上下動する。

【００３９】

このような熱疲労試験において、継手１は非磁性体であり、かつ、そのナット１２の面取りの存在により、ナット１２に凸部が存在しないため、局所的に誘導加熱されることがない。また、ナット１２により試験片Ｗの雄ねじＷａのねじ山が全て覆われているため、試験片Ｗの雄ねじＷａのねじ山に高周波加熱が集中することもない。

【００４０】

また、ベリリウム銅はその熱伝導率が１２０～１３０Ｗ／ｍ・Ｋであり、試験片Ｗの冷却時における降温速度が速いという利点があり、試験時間を短縮することができる。継手１の材料を種々に変更して、その熱伝導率と試験片Ｗの標点間の降温速度、具体的には２５０℃から５０℃にまで降温する際の速度との関係を調査した結果を図４にグラフで示す。このグラフから明らかなように、継手１の材料として、熱伝導率が１２０Ｗ／ｍ・Ｋ以上の材料を用いることにより、試験片Ｗの冷却過程における降温速度が顕著に増大することが判った。

【００４１】

また、ベリリウム銅はその引張強さが５００ＭＰａ以上であり、繰り返しサイクルの後にもアダプタ１１とナット１２との締結トルクの低下率が少なく、機械的歪みを継続的に付与することができる。継手１の材料を種々に変更して、その引張強さと一定の冷・熱サイクルの経過後のアダプタ１１とナット１２との締結トルクの低下率との関係を調査した。すなわち、５０～２５０℃で１００サイクル経過後のアダプタ１１とナット１２との締結トルクの低下率を調査した結果を図５にグラフで示す。このグラフから明らかなように

、引張強さが４７５ＭＰａ以上の材料を用いることにより、締結トルクの低下率が顕著に減少し、試験片Ｗに初期に設定した機械的歪みを継続して付与できることが判った。

【００４２】

また、継手１に対して試験片Ｗを取り付ける際、これら相互の振れ量が大きくなると試験片Ｗに曲げ応力が発生し、標点間内の歪み差が生じることが判った。すなわち、この振れ量を種々に変更して試験片Ｗの標点間内の全歪み範囲差を測定した結果を図６にグラフで示す。このグラフに示されるように、振れ量を０．１ｍｍ以下にすることにより、標点間内の歪み差が顕著に減少することが明らかになった。

【００４３】

更に、試験片Ｗの表面と高周波誘導加熱コイル３との距離を種々に変更して、試験片Ｗの標点間内の温度差を計測した結果、その距離は９～３０ｍｍとすることがよいことが判った。図７にその結果を示す。試験片Ｗの表面と高周波誘導加熱コイル３との距離を９～３０ｍｍとすることで、標点間内の温度差が顕著に減少する。熱疲労試験においては、試験片の標点間内での温度が極力均一あることが望ましく、９ｍｍ以下では試験片と高周波誘導加熱用コイル３との同軸度の影響を受けやすくなり、標点間の温度差が大きくなり、３０ｍｍ以上では雰囲気温度のバラツキの影響を受けやすいことが判った。

【００４４】

小型の試験片の試験に際しては、その剛性が小さいため、伸び計４の検出棒４１，４２の試験片Ｗの表面への押し付け力をある程度以上大きくしなければ、試験片Ｗに熱歪みが発生したとき、検出棒４１，４２が試験片Ｗの表面で滑ってしまい、熱歪みを正確に計測できないということが判明した。押し付け力を種々に変更して、伸び計４の検出棒４１，４２の試験片Ｗの表面に対するすべり量を測定した結果を図８に示す。このグラフから明らかなように、押し付け力を２４０ｇｆ以上とすることにより、そのすべり量が顕著に減少することが判った。

【００４５】

そして、試験片Ｗの加熱状態で伸び計４の検出棒４１，４２をある程度以上の力で押し付けると、加熱による試験片の軟化により検出棒４１，４２が次第に試験片Ｗに食い込んでいき、それを起点に試験片が熱疲労破壊することがあり、正確な試験結果が得られないという問題が生じる。この問題は特に試験片の平行部の径が小さい小型の試験片において生じやすい。試験片Ｗの誘導加熱による軟化は、試験片Ｗの表面粗さを小さくすることによって抑制することができる。すなわち、試験片Ｗの表面粗さに起因する微小な凸部への高周波誘導加熱の集中を抑制することにより、試験片Ｗの軟化に起因する検出棒４１，４２の食い込みを防止できることが判った。図９に試験片Ｗの表面粗さを種々に変えて熱疲労試験を行い、試験片Ｗの表面粗さと検出棒４１，４２の試験片Ｗへの食い込み深さとの関係を計測した結果をグラフで示す。このグラフに示されるように、試験片Ｗの表面粗さ（標点間）を１．６ｚ以下とすると、検出棒４１，４２の食い込み深さが顕著に減少し、食い込み部を起点とした試験片Ｗの破壊を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【００４６】

【図１】本発明の実施の形態の要部構成を示す部分断面図である。

【図２】図１における高周波誘導加熱用コイル３の１ターン分の部分断面図である。

【図３】図１で用いている試験片Ｗに継手１を装着した状態を示す部分断面正面図である。

【図４】継手１の熱伝導率と試験片Ｗの標点間の降温速度との関係の調査結果を示すグラフである。

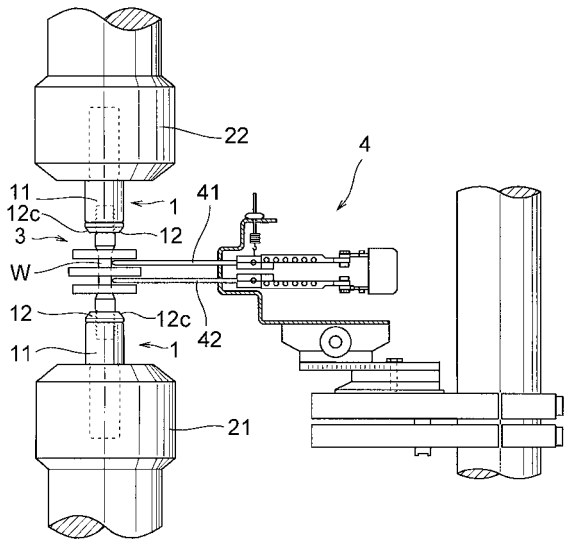
【図５】継手１を構成するアダプタ１１とナット１２の引張強さと、熱サイクルを付与後のこれら両者間の締結トルクの低下率を調査した結果を示すグラフである。

【図６】継手１に対する試験片Ｗの振れ量と、標点間内の歪み差の関係の調査結果を示すグラフである。

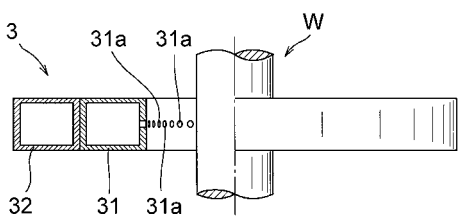
【図７】試験片Ｗの表面と高周波誘導加熱コイル３との距離と、試験片Ｗの標点間内の温

度差との関係の調査結果を示すグラフである。
【図８】試験片Ｗの表面に対する伸び計４の検出棒４１，４２の押し付け力と、試験片Ｗの表面に対するすべり量の関係の調査結果を示すグラフである。
【図９】試験片Ｗの表面粗さと伸び計４の検出棒の食い込み量との関係の調査結果を示すグラフである。
【符号の説明】
【００４７】
１　継手
１１　アダプタ
１１ａ　雌ねじ
１２　ナット
１２ｃ　面取り
２１，２２　掴み具
３　高周波誘導加熱用コイル
３１ａ　冷却用ノズル
４　伸び計
４１，４２　検出棒
Ｗ　試験片
Ｗａ　雄ねじ

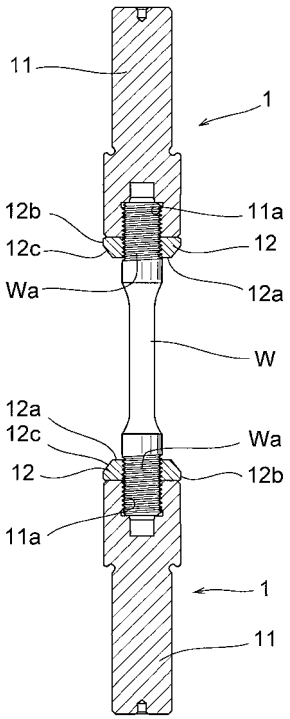
【図１】



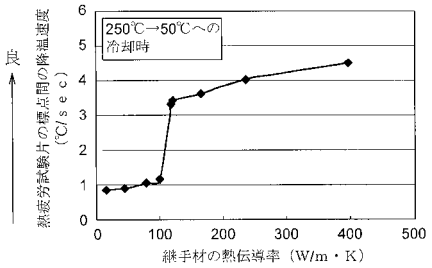
【図２】



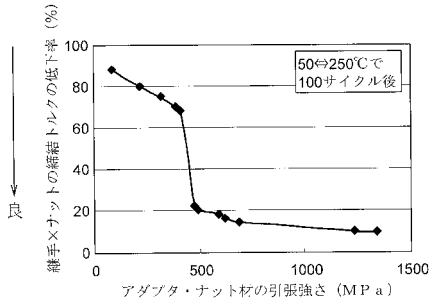
【図３】



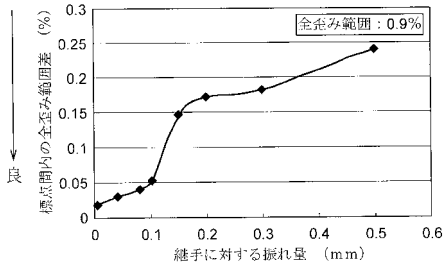
【図４】



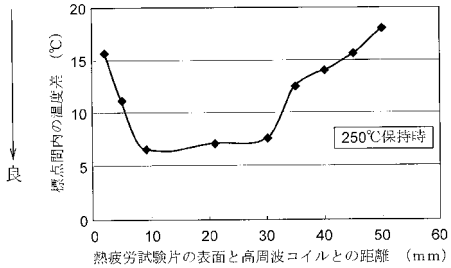
【図５】



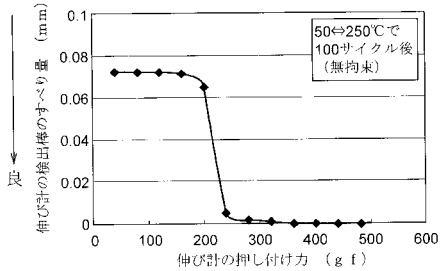
【図６】



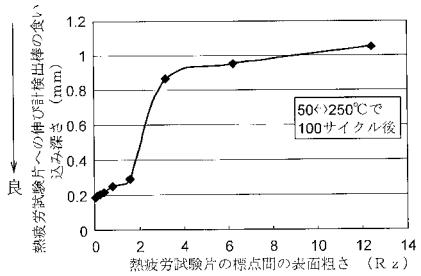
【図７】



【図８】



【図９】



フロントページの続き

審査官　▲高▼見　重雄

(56)参考文献　特開平０６－０８８７７８（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－１０６９６４（ＪＰ，Ａ）
実開平０５－０１９８０３（ＪＰ，Ｕ）
特開昭５８－００７５４０（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０６９６５９（ＪＰ，Ａ）
実開昭６３－０７２５４４（ＪＰ，Ｕ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｎ　　３／００－３／６２