

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 1)

(11)特許番号

第2939547号

(45)発行日 平成11年(1999) 8月25日

(24)登録日 平成11年(1999) 6月18日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 2 1 B 1/00

G 2 1 B 1/00

K

C

D

請求項の数7 (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平10-248508

(22)出願日 平成10年(1998) 9月2日

審査請求日 平成10年(1998) 9月2日

(73)特許権者 392030209

核融合科学研究所長

岐阜県土岐市下石町322の6

(72)発明者 久保田 雄輔

愛知県名古屋守山区新守町2番 シャ

ト-新守 I I 1001

(72)発明者 野田 信明

愛知県日進市南ヶ丘1-18-6

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

審査官 村田 尚英

(58)調査した分野(Int.Cl.⁶, D B名)

G21B 1/00

(54)【発明の名称】 アーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 アーマタイルとヒートシンクを同じ材料で一体化した構造の一体型アーマタイル・ヒートシンク部材と、上記ヒートシンクの部分に設置される冷却管と、上記ヒートシンクと上記冷却管との間にわたり介在したスーパーグラファイトシートと、上記スーパーグラファイトシートを間に挟み込んで上記ヒートシンクの部分に上記冷却管を締結固定する手段とを具備したことを特徴とするアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置。

【請求項2】 一体型アーマタイル・ヒートシンク部材はグラファイト製であることを特徴とする請求項1に記載のアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置。

【請求項3】 一体型アーマタイル・ヒートシンク部材はカーボン複合材であることを特徴とする請求項1に記載

のアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置。

【請求項4】 冷却管を締結固定する手段は、ヒートシンクの部分に冷却管を押し付けるバックプレートと、このバックプレートを上記ヒートシンクに締結するボルトとを有することを特徴とする請求項1に記載のアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置。

【請求項5】 バックプレートはグラファイト製であることを特徴とする請求項4に記載のアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置。

【請求項6】 アーマタイルとヒートシンクをグラファイトで一体化した構造の一体型アーマタイル・ヒートシンク部材と、上記ヒートシンクの部分に接合するバックプレートと、上記ヒートシンクの部分とバックプレート間に設置される冷却管と、上記ヒートシンクとバックプレートの両者にそれぞれ形成された溝により構成され

た上記冷却管を設置するヒートシンク孔と、上記ヒートシンク及びバックプレートと上記冷却管との間に介在したスーパーグラファイトシートと、上記スーパーグラファイトシートを挟み込んで上記ヒートシンク及びバックプレートの間に設置した上記冷却管を締結固定する手段とを具備したことを特徴とするアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置。

【請求項7】 バックプレートはグラファイト製であることを特徴とする請求項6に記載のアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば核融合装置に用いられるダイバータ板の冷却を行う除熱装置に関する。

【0002】

【従来の技術】核融合実験装置の真空容器内において、高熱流速ダイバータプラズマが当たる壁の部分には高熱負荷でステンズ製の真空容器が熔融してしまうことを防ぐためにダイバータ板が設置されている。ダイバータ板は高熱流速ダイバータプラズマを受けて高熱になり易いのでそのダイバータ板には熱を除去するための除熱装置が組み込まれている。

【0003】従来の除熱装置の構造は図3で示すように、グラファイト製のアーマタイル1の裏面に別部材の銅製ヒートシンク2を設け、このヒートシンク2とステンズ製バックプレート3の間に冷却管4を挟み込み、さらに複数のボルト5によってバックプレート3を締め付け固定している。また、熱伝達を改善するために、アーマタイル1とヒートシンク2の間、それにヒートシンク2と冷却管4の間にはカーボンシート6,7を挟み込んでいる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の除熱装置においてはアーマタイルとヒートシンクが別部材であり、両部材が間にカーボンシート6を挟み込んで互いに接合する形式のものである。このため、グラファイト製のアーマタイル1とヒートシンク2の間の熱伝導率を高めるために両者を強い締付け力で接合させることが望ましいが、グラファイト製のアーマタイル1は割れ易いものである。このため、ボルト5によって両部材を強く締め付けるとアーマタイル1が割れてしまう。アーマタイル1とヒートシンク2を密着させるためにはアーマタイル1の裏面、及びこれを受けるヒートシンク2の突当て面を凹凸のない高精度の平坦な面に加工する必要がある。さらに冷却管との接合も高い密着性が望まれる。したがって、ヒートシンク2はその加工性を考えると、銅製のものにせざるを得なかった。

【0005】このように従来の除熱装置のヒートシンク2は銅製のものであるため、250度以上の温度にさら

すとその強度が急激に低下し、熱耐性に劣る。

【0006】また、アーマタイル1とヒートシンク2の間には熱流の障害となる機械的接合部が存在し、この機械的接合部分が熱流の障害となって熱伝導率が低下し、特に高熱流束下では除熱効率がかかなり悪くなっていた。さらにアーマタイル1と冷却管4の間の熱流経路の途中には2つの接合部と2つのカーボンシート6,7が介在しており、それぞれの接合部分が熱抵抗を高める大きな要因となっており、これが除熱装置の除熱特性を悪くしていた。

【0007】さらに従来の接合式除熱装置においてはアーマタイル1、ヒートシンク2、冷却管4及び2つのカーボンシート6,7などの多くの部材を機械的に接合して組み立てられる構造のものであるため、比較的部品点数の多い複雑な構造であり、また、重量も増す構造のものであった。

【0008】本発明は上記課題に着目してなされたもので、その目的とするところは、熱耐性が高く、また、アーマタイルから冷却管までの間の熱伝導率が高まり、除熱効率を向上させることができると共に、全体的な構造の簡略化と軽量化ができるアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段及び作用】(手段)請求項1の発明は、アーマタイルとヒートシンクを同じ材料で一体化した構造の一体型アーマタイル・ヒートシンク部材と、上記ヒートシンクの部分に設置される冷却管と、上記ヒートシンクと上記冷却管との間にわたり介在したスーパーグラファイトシートと、上記スーパーグラファイトシートを間に挟み込んで上記ヒートシンクの部分に上記冷却管を締結固定する手段とを具備したことを特徴とするアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置である。請求項2の発明は、上記一体型アーマタイル・ヒートシンク部材がグラファイト製である。請求項3の発明は、上記一体型アーマタイル・ヒートシンク部材がカーボン複合材製である。

【0010】請求項4の発明は、上記冷却管を締結固定する手段は、ヒートシンクの部分に冷却管を押し付けるバックプレートと、このバックプレートを上記ヒートシンクに締結するボルトとを有する。請求項5の発明は、上記バックプレートがグラファイト製である。

【0011】請求項6の発明は、アーマタイルとヒートシンクをグラファイトで一体化した構造の一体型アーマタイル・ヒートシンク部材と、上記ヒートシンクの部分に接合するバックプレートと、上記ヒートシンクの部分とバックプレートの間に設置される冷却管と、上記ヒートシンクとバックプレートの両者にそれぞれ形成された溝により構成された上記冷却管を設置するヒートシンク孔と、上記ヒートシンク及びバックプレートと上記冷却管との間に介在したスーパーグラファイトシートと、上

記スーパーグラファイトシートを挟み込んで上記ヒートシンク及びバックプレートの間に設置した上記冷却管を締結固定する手段とを具備したことを特徴とするアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置である。請求項7の発明は、上記バックプレートがグラファイト製である。

【0012】(作用)本発明はアーマタイルとヒートシンクを同じ材料で一体化した構造としているため、250度以上の温度で強度が急激に低下する銅製のヒートシンクがなくなり、かつ熱流の障害となっていた機械接合面も一箇所に減った。そして、従来のカーボンシートに比較して大幅に特性が優れているスーパーグラファイトシートを機械接合面に使用している。これらの結果、従来の機械接合式除熱装置に比較して、構造が簡単、軽量になったと共に、熱特性が飛躍的に改善された。また、冷却管とボルトを除いて全のものが熱伝導性、耐熱性等の熱特性に優れた材料、例えばグラファイトで作ることが可能になった。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施形態に係るグラファイト一体型除熱装置を示すものである。この除熱装置10はアーマタイル部11とヒートシンク部12がグラファイト製で一体化した構造になっており、このグラファイト製一体型アーマタイル・ヒートシンク部材13のヒートシンク部12の裏面には同じくグラファイト製のバックプレート14が接合されている。ヒートシンク部12における裏面とバックプレート14の当接面にはその両者が互いに向き合う位置に半円状の溝が形成され、この両方の溝を突き合わせることで、ステンレス製の冷却管15を設置するヒートシンク孔16を形成する。そして、ヒートシンク孔16内に冷却管15を嵌め込み、ヒートシンク部12とバックプレート14を、例えばステンレス製の数本のボルト17で締め付けることによりそのヒートシンク部12とバックプレート14の間で上記冷却管15を挟み込む。

【0014】上記ヒートシンク孔16内に設置された冷却管15と、上記ヒートシンク部12及び上記バックプレート14との間にはその間の熱伝達を良くするためと機械的締付け力が一体型アーマタイル・ヒートシンク部材13のグラファイトにダメージを与えないようにする緩衝材として、いわゆるスーパーグラファイトシート18が挟み込まれている。このスーパーグラファイトシート18の厚さとしては上記2つの理由のいずれも満たす調和的な値に設定され、比較的薄い、0.2~0.4mmの範囲が適当である。ボルト17による機械的締付けトルクは例えば80~120kg・cmである。ボルト17で締め付けるときには一体型アーマタイル・ヒートシンク部材13のグラファイト材が割れないようにトルクレンチでトルクを正確に調整する。

【0015】ここで、スーパーグラファイトとは結晶性

に優れた高分子材料から炭素原子以外の水素や酸素、窒素などを除去してグラファイト化したものであり、炭素原子以外の不純物を含まないため、グラファイト本来の特徴である熱伝導性、耐熱性に優れ、これに加えて柔軟性を有する材料である。製造例としては結晶性に優れたプラスチックの芳香族ポリイミドをシート状に形成し、これを不活性雰囲気中で焼成し、炭素原子以外の水素や酸素、窒素などを気化させて除去し、グラファイト化したものである。実際には1000以下でポリイミド内の水素と酸素を除去し、続いて2600~3000の高温で脱窒素・脱水素反応を進め、グラファイト構造に転移させる。すると、炭素原子が六角形に並んだベンゼン環が網目状に並び、これが層状に並んで積み重ねたグラファイト構造のものとなる。

【0016】このようなスーパーグラファイトは従来のカーボンシートに比較して高い熱伝導率、引張り強度、耐熱性、そして圧縮復元率が格段に優れている。熱伝導率は600W/m・K以上であり(銅の1.5倍、従来のカーボンシートのものに比べて2倍以上)であり、また、圧縮復元率は従来のカーボンシートのものに比べて3倍以上のものが得られる。このような特性の差は素材と製造方法の差に起因すると考えられる。つまり従来のカーボンシートはグラファイトを化学処理し、膨脹化処理によって製造されるものに対し、ここでのスーパーグラファイトは芳香族ポリイミドを直接にグラファイト化したことの差によるものと考えられる。

【0017】この除熱装置10は例えば図2で示す核融合実験装置の真空容器21内の高熱流速ダイバータプラズマ22が当たる壁の部分に設置され、そして、ステンレス製の真空容器21が高熱負荷で熔融してしまうことを防ぐために使用される。除熱装置10を設置すべき場所は非常に広範囲にわたり、そのダイバートレースは核融合装置の巨大な真空容器21内の壁に沿って1条又は2条でトロイダル方向に一周するため、多数の除熱装置10が必要である。例えば文部省の土岐核融合実験装置LHDの場合では1700個の多数の除熱装置10が必要である。

【0018】この場合、高熱流速ダイバータプラズマ22はアーマタイル部11の表面中央部の領域23に照射され、その熱は下側のヒートシンク部12を通り、スーパーグラファイトシート18を介して冷却管15に伝導され、その冷却管15内を流れる冷却水により除熱される。

【0019】上記除熱装置10の構成において、アーマタイル部11とヒートシンク部12をグラファイトで一体型構造にしたため、継付け接合材に迫る熱伝導特性を有するに至った。また、アーマタイル部11から冷却管15の間には一体型グラファイト層の部分と1つのスーパーグラファイトシート18が存在するのみであり、その熱伝導経路には熱抵抗の要因となる機械的接合部分が

1個所と少ない。また、スーパーグラファイトシート18は圧縮復元率が格段に優れ、比較的柔軟なものであるため、ボルト17による機械的な締め付け力を受けて圧縮変形し、上記アーマタイル・ヒートシンク部材13のヒートシンク部12と冷却管15の間に密に圧接して介在するので、機械的接合部分の熱伝導性が良好である。しかも、上記スーパーグラファイトシート18は従来のカーボンシートのものに比べてかなり熱伝導率の良いものであるからその機械的接合部分での熱流の障害を小さくする。以上の理由によって、アーマタイル部11から冷却管15に至る熱伝導経路の熱抵抗が大幅に低く抑えることができるため、総合的な熱伝導率が高まり、除熱特性が大幅に改善した。尚、冷却管15とボルト17を除いて他の全ての部材がグラファイトで一体に構成され、強度の点が懸念されるが、それは板厚を充分厚くすることにより解決できる。

【0020】上記一体型アーマタイル・ヒートシンク部材13と冷却管15の間に挟み込む上記スーパーグラファイトシート18は圧縮復元性に富むので、その緩衝作用により、特に割れ易いグラファイト材に与える機械的な負担を軽減する。従って、上記ボルト17を強く締め付けてもグラファイト材が割れ難い。このため、グラファイト部材の破損を防止しながら上記接合部分のスーパーグラファイトシート18に与える圧縮力を高めることが可能となる。そこで、ヒートシンク部12の部分と冷却管15の部分の密着力を高めることができ、しかもそれらの接合面に凹凸があっても全面的に強く密着させることができ、この機械的接合部分の熱伝導の低下を防ぐことができる。

【0021】また、金属製の冷却管15を二つに分かれたグラファイトブロックでスーパーグラファイトシート18を挟んで絞め付け固定するという簡単な構造のものとなる。そして、簡単な構造であるにも拘らず、高熱流束プラズマや蒸気の除熱を効率よく行うことが可能である。

【0022】従来の銅製ヒートシンクとカーボンシートを使った除熱器では定常熱負荷で1MW/m²程度が使用限界であったのに対し、本除熱器10では、2.0MW/m²以上の熱負荷で使用可能となった。

【0023】核融合装置のダイバータ板に関してパルス熱負荷では10MW/m²、そして定常熱負荷では2MW/m²以上の熱負荷で使用可能である。さらに冷却管15の材質をステンレスから銅に変更すると定常熱負荷で3MW/m²以上の熱負荷で使用が可能である。そしてパルス負荷ではそれ以上の熱負荷まで使用が可能である。

【0024】本発明は核融合炉内で使われるダイバータ

板等のコンポーネントばかりでなく、産業界でもコストパフォーマンスの高い冷却構造として使用可能になる。例えば蒸着装置の容器内においてヒーター周辺は高温になるが、その熱が高温になると困る場所へ行かないように遮蔽するための冷却構造物として、また、高温蒸気発生器の熱交換器としても応用可能と考えられる。本発明は核融合装置用ダイバータ板以外の例えば高温加熱炉用除熱器や蒸気タービン用熱交換器にも適用することができるものである。また、一体型アーマタイル・ヒートシンクを形成するグラファイトの代わりにカーボンの複合材を用いても良い。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように本発明の除熱装置を提によれば、熱耐性が高く、また、アーマタイルから冷却管までの間の熱流経路の熱伝導率が高まり、除熱効率が向上する。さらに全体的な構造の簡略化と軽量化ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係るグラファイト一体型除熱装置の斜視図である。

【図2】上記除熱装置を核融合装置に設置した使用例の説明図である。

【図3】従来のグラファイト一体型除熱装置の斜視図である。

【符号の説明】

10...除熱装置

11...アーマタイル部

12...ヒートシンク部

13...アーマタイル・ヒートシンク部材

14...バックプレート

15...冷却管

16...ヒートシンク孔

17...ボルト

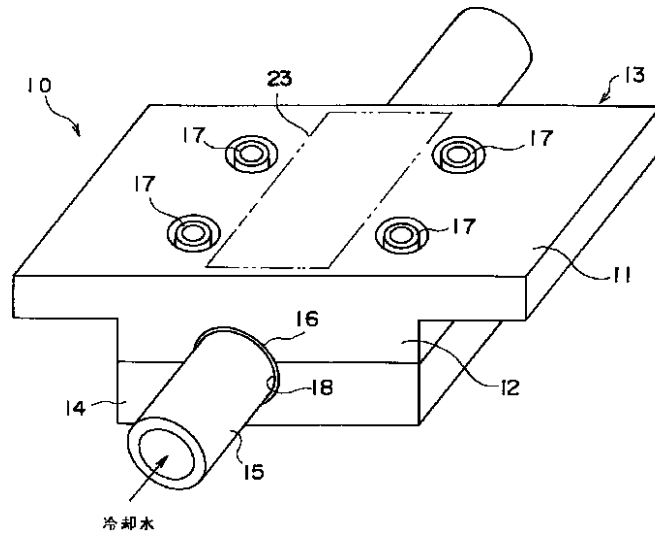
18...スーパーグラファイトシート

【要約】

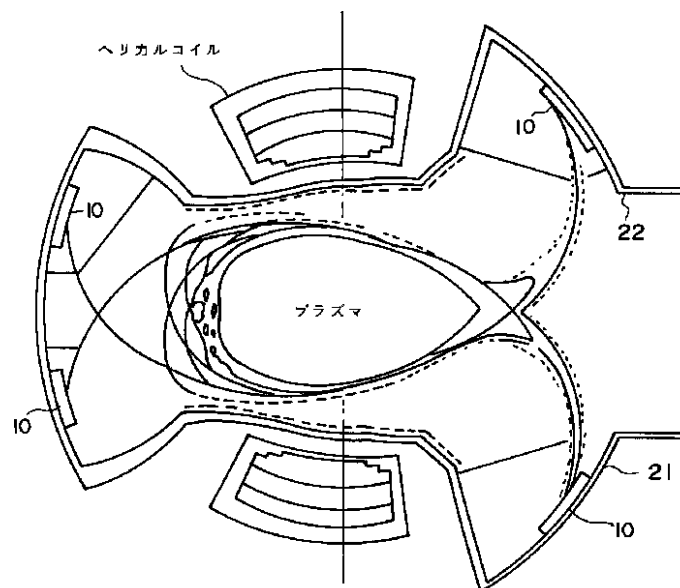
【課題】本発明は、熱耐性が高く、しかもアーマタイルから冷却管までの間の熱伝導率が高まり、除熱効率を向上させることができると共に、全体的な構造の簡略化と軽量化ができるアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置を提供する。

【解決手段】アーマタイル部11とヒートシンク部12をグラファイトで一体化した構造の一体型アーマタイル・ヒートシンク部材13を有し、上記ヒートシンク部12とバックプレート14の間に冷却管15を設置し、上記ヒートシンク部12と上記冷却管15との間にスーパーグラファイトシート18を挟み込んで締結した構造のアーマタイル・ヒートシンク一体型除熱装置である。

【図1】



【図2】



【図3】

