

(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
2017年6月15日(15.06.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/099014 A1

- (51) 国際特許分類:
B29C 43/52 (2006.01) *B29B 13/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/085892
- (22) 国際出願日: 2016年12月2日(02.12.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-241511 2015年12月10日(10.12.2015) JP
- (71) 出願人: 東レエンジニアリング株式会社(TORAY ENGINEERING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1030028 東京都中央区八重洲1丁目3番22号(八重洲龍名館ビル) Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 稲垣 潤(INAGAKI, Jun); 〒5200842 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レエンジニアリング株式会社内 Shiga (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, KE, KG, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

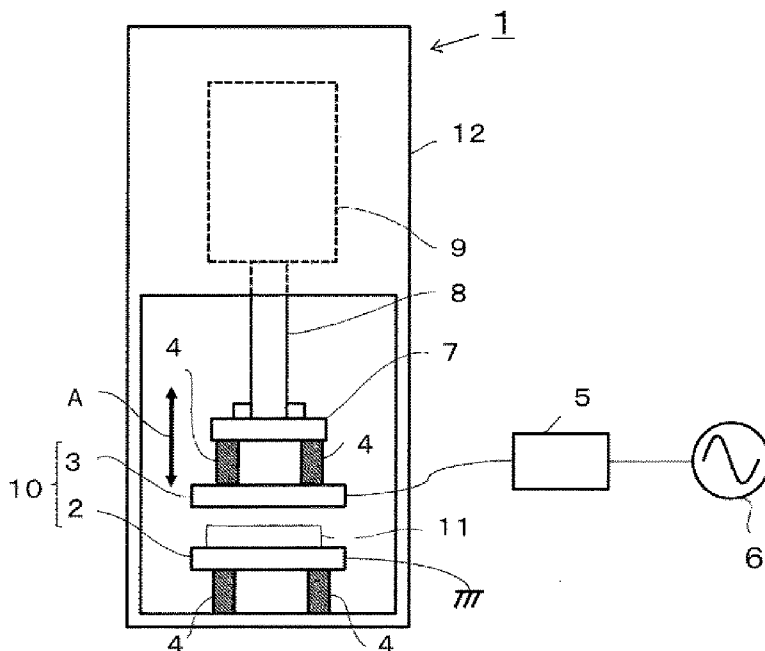
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, 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:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: HEATING APPARATUS AND HEATING METHOD

(54) 発明の名称: 加熱装置及び加熱方法



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a heating apparatus and heating method that are not susceptible to the occurrence of temperature differences between the surface and interior and that pre-heat stampable sheets in a short time and keep generation of voids to a minimum. Specifically, the present invention provides: a heating apparatus for an object to be heated that comprises a material with a property such that voids are generated therein as a result of heating while the apparent volume thereof expands, the heating apparatus being characterized in having an expansion-limiting member that contacts the object being heated and limits expansion of said object being heated at least until the object being heated arrives at or above the temperature at which the expansion begins (expansion starting temperature); and a heating method.

(57) 要約: 表面と内部の温度差を生じさせにくく、短時間で、かつ極力空隙を生じさせずに、スタンパブルシートを予備加熱する加熱装置及び

加熱方法を提供すること。具体的には、加熱により内部に空隙を生じながらその見掛け体積が膨張する性状を有する材料からなる被加熱物の加熱装置であって、少なくとも該被加熱物が前記膨張が開始する温度(膨張開始温度)以上に到達するまで、前記被加熱物と接触し前記被加熱物の膨張を抑制する膨張抑制部材を有することを特徴とする加熱装置及び加熱方法を提供する。

WO 2017/099014 A1

明 細 書

発明の名称：加熱装置及び加熱方法

技術分野

[0001] 本発明は、加熱により内部に空隙を生じながらその見掛け体積が膨張する性状を有する材料の加熱装置及び加熱方法に関わるものであり、また、高周波により非加熱物を加熱する高周波加熱装置および高周波加熱方法にも関連するものである。

背景技術

[0002] これまで、炭素繊維及び炭素繊維複合材料は、軽量、高強度、高弾性率といった特性を生かして、航空宇宙、スポーツレジャーといった分野で主に用いられてきていた。この分野は、性能、機能優先のため材料コスト、生産コストが多少高くても通用する分野であったと言える。現在、軽量化、省エネルギーといった観点から、自動車、エネルギー関連、一般産業機械といった分野への炭素繊維及び炭素繊維複合材の応用が期待されており、より低コストで大量生産が可能な炭素繊維複合材料およびその製造、成型方法が求められている。炭素繊維複合材部品の低コスト、大量生産に当たってはその生産速度、成型速度の向上が必須であり、その解決策のひとつとして期待されているのが熱可塑性樹脂の採用である。

[0003] 従来の炭素繊維複合材は、エポキシ等に代表されるマトリクス樹脂としての熱硬化性樹脂中に炭素繊維を分散等させて内包させた形態が主流であり、機械的強度や弾性率に優れるものの、それを用いた部品製造に当たっては、人手が主流の成型工程、オートクレーブと称する焼成炉内で数時間にも渡る加熱工程が必要であるなど、自動車、エネルギー関連、一般産業機械といった分野に対しては、必ずしもその生産コスト、生産性は十分なものではなかった。

[0004] 一方、熱可塑性樹脂による炭素繊維複合材料は、機械的強度や弾性率はやや劣るものの、熱可塑性であることから特に成型性、成型速度に優れ、さら

に、既存の射出、押出、プレスといった成型方法や装置がそのまま、或いは軽度の変更で使用可能であるといった特長も有する。

[0005] 特に大量生産が要求される自動車及び自動車部品用途において、既存の射出成型方法、装置やプレス成型方法、装置が転用等できるメリットは大きく、そこそこの強度で済む部材の熱可塑性炭素繊維複合材の適用検討が進んでいる。

[0006] 熱可塑性炭素繊維複合材料のひとつの形態として期待されているのが、スタンパブルシート、LFTP (Long Fiber Thermoplastic)、熱可塑性SMC (Sheet Molding Compound) などと呼ばれるシート状、板状の炭素繊維複合材中間素材である(以下スタンパブルシートと総称する)。これらは、射出成型用の炭素繊維複合材よりは比較的長繊維寄りの(0.1~10cm、好ましくは1~7cm、さらに好ましくは2~5cm)状態に切断された炭素繊維若しくは炭素繊維束を、マトリクス樹脂たる熱可塑性樹脂中にランダムに配行、分散させて内包させた構造を有するものである。厚みは1mmから10mm程度のシート状、平板状の中間素材として提供されることが多い。

[0007] このスタンパブルシートを、その熱可塑性樹脂の軟化開始温度以上に加熱(予備加熱と称する)して軟化させた状態でプレス加工することにより、所望の形状が付与された成型品が製造できる。これはいわば、板金プレス加工における板金材がスタンパブルシートに置き換わったものと考えてもよい。

[0008] さて、板金プレス加工における板金材は基本的に等方性材料である金属であり、よって成型前に平面状であった板金材がしわや破れなしに立体形状に塑性変形可能なわけである。即ち板金プレス加工における板金材を炭素繊維複合材に置き換えるには、炭素繊維複合材に等方性の性状を付与することが必須となる。然るに、炭素繊維複合材に強度、剛性を犠牲にすることなく等方性の性状を付与する事は容易ではない。

[0009] 一般に、平面状の炭素繊維複合材の製造方法としては、相当長を有する炭素繊維の単糸若しくは繊維束を、配列、織り、編みによって平面状にいわば

炭素繊維の布帛に仕上げ、該布帛に熱硬化又は熱可塑の樹脂を含浸させて製造するのが通例である。このため、炭素繊維（束）の配行している方向とそれ以外の方向では、弾性、剛性等の物性が異なる非等方性材料となるのが普通である。

[0010] このような非等方性材料を板金プレス同様のプレス加工を施すと、材料の変形がその非等方性の影響を受け、易変形部、非易変形部、非変形部が発生し、所望の成型形状が得られない場合が殆どである。これは、布帛を無理やり立体形状に成型した場合に、布帛が余ってしわが発生する部分、布帛が不足して緊張～破断する部分が発生することからも容易に類推される。

[0011] 一方、炭素繊維複合材を射出成型で成型することも可能であり、この場合、炭素繊維又は繊維束はその長さが1 mm程度以下に切断されたものが用いられるのが通例である。各炭素繊維又は繊維束は主として射出成型前の混練、攪拌によって、ランダムに配行、分散し、よって炭素繊維複合材として擬似等方的的な性状が実現されている。よって斯様な短繊維からなる炭素繊維複合材ならばプレス加工が容易となる場合も考えられるが、炭素繊維又は繊維束長が相対的に短いこと起因する、複合材料としての強度、剛性が劣ることは如何ともし難い場合が多い。

[0012] 即ち、スタンパブルシートはプレス加工に必要な等方性性状を確保しつつ、かつ、必要十分な強度、剛性の実現を、その炭素繊維又は繊維束の長さ、配行状態を最適化することにより実現したものともいえる。

[0013] スタンパブルシートの製法は概略次の様な工程で行われることが多い。まず、適度に関織された炭素繊維束を所望の長さに切断する。これを平面上に自然落下、振動、攪拌等によって、ランダムに配行させつつ積層させる。このとき、同時に粉粒体形状の熱可塑性樹脂を供給して、炭素繊維束と粉粒体形状の熱可塑性樹脂が均一に交じり合った層を形成させる場合もある。あるいはフィルム状の熱可塑性樹脂と炭素繊維束層を交互に積層させていくこともある。いずれの方式にせよ炭素繊維束層は綿状といってもよく、その見かけ厚みは、成型後の厚みよりも遙かに厚い。次に、これを圧縮させながら加

熱溶融した熱可塑性樹脂を炭素繊維束間に含浸させる、或いは、既に存在する粉粒体形状またはフィルム状の熱可塑性樹脂を溶融させて炭素繊維束中に含浸させ、その後冷却して所望の厚みのスタンパブルシートを得る。炭素繊維の体積含有割合、いわゆる V_f は30%程度が普通である。

[0014] 以上述べた製法に起因するが、スタンパブルシート内では積層された炭素繊維束は圧縮された状態にある。したがって、スタンパブルシートが予備加熱されてその熱可塑性樹脂が軟化すると、積層された炭素繊維束の圧縮が開放され、スタンパブルシート内（各炭素繊維束間）に空隙を生じさせながら、その厚み方向に見かけ膨張するのが普通である。プレス成型に当たっては予備加熱によって見掛け膨張したスタンパブルシートをプレス成型の金型間に置き、金型締めして成型することで、前記空隙は解消し所望の成型が行われる。

[0015] 尚、空隙を生じさせながら見掛け体積が膨張するという性状は、炭素繊維を用いたスタンパブルシートに限定されるものでなく、スタンパブルシート内で繊維束層が圧縮された状態にあるものであれば、ガラス繊維、金属繊維、ポリイミドに代表される有機繊維などを問わず、同様に見られる性状である。

先行技術文献

非特許文献

[0016] 非特許文献1：石川県工業技術試験所 平成24年度研究方向vol.24

非特許文献2：エレクトロヒートハンドブック 一般社団法人日本エレクトロヒートセンター編 第1版第1冊 2015.9.25刊

非特許文献3：公益法人日本化学会主催 日本化学会秋季事業 第4回CSJ化学フェスタ2014予行集講演番号H2-08

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0017] スタンパブルシートのプレス成型に当たっては、少なくともその熱可塑性

樹脂の軟化開始温度以上に予備加熱してからプレス成型することは前述したとおりである。この予備加熱には最適温度範囲があり予備加熱温度はそれ以上でもそれ以下でも好ましくない。

[0018] プレス成型に対して熱可塑性樹脂が適度な流動性を示す温度範囲があり、この適正範囲内に予備加熱することが必要である。これ以下の温度では熱可塑性樹脂の流動性が不足し成型不良が発生したり、逆に、高すぎると樹脂が流動しすぎるほか、樹脂そのものの分解、酸化、低分子量成分の気化といった変質（劣化）が著しいといった問題がある。これは成型後の成型品の強度不足、経時劣化の促進といった問題に繋がることもある。

[0019] 従来技術に於いては、予備加熱には雰囲気加熱や赤外線加熱を用いることが多い。即ちスタンパブルシートを、電熱等公知の熱源を有する炉内に静置して加熱する雰囲気加熱や、遠～近（場合によっては可視領域も含む）赤外線ランプからの赤外線等の輻射により加熱する方法を用いる。

[0020] このような従来技術においては、次のような問題がある。

まず、雰囲気加熱や赤外線加熱は被加熱物の表面からの加熱であり、スタンパブルシートの表面とその内部に温度差が出来てしまう場合が多い（文献1）。スタンパブルシートは熱可塑性樹脂を主成分としたものであり金属等に比べれば熱伝導性は低い。このため表面が最適温度範囲内に達したとしても内部は最適温度下限にも達しない場合が発生する。又、逆に内部が最適温度範囲に到達したときには、表面は最適温度範囲上限を超えてしまう場合もある。

[0021] この問題を軽減するためには、基本的には加熱源の出力を下げ、かつ時間をかけてゆっくり加熱することで、表面と内部の温度差を極力小さくするのが好ましい。雰囲気温度に於いては熱源の出力、赤外線加熱に於いては赤外線ランプの出力を下げ、長時間加熱することが必要となり、加熱時間が長くなるという問題が発生する。

[0022] 又、被加熱物であるスタンパブルシートの温度をモニタしながら、適宜加熱源の出力を調整する等の手段も可能であるが、加熱装置が複雑、高価にな

り、かつその操作、制御も煩雑になるという問題も発生する。

[0023] さらに、スタンパブルシートのプレス成型に要する時間（通常１分程度で可能）よりも、予備加熱に要する時間が長くなる場合も発生する。この場合には、予備加熱からプレス成型の工程スループットを維持するためには、１台のプレス機に対して予備加熱装置が複数台必要になり、設備費、設置場所の増大といった問題にも繋がる。

[0024] さらに、前述したようにスタンパブルシートは加熱により内部に空隙を生じながら見掛け膨張する。軟化開始温度は前述の最適温度範囲よりは低温であるのが普通であり、よってスタンパブルシートは、最適温度範囲に到達する以前から空隙を生じながら見掛け膨張を開始し、最適温度に到達するまでの間、空隙を生じた状態で加熱され続ける。

[0025] 空隙が発生し始めると、当該空隙は熱的には絶縁物に近くマクロに見た熱伝達率も下がると予想される。これは、前述の内部、表面との温度差をさらに助長させると考えられる。

[0026] また、熱可塑性樹脂は前述の最適温度範囲内又はそれ以下といえども、長時間の加熱によっては、前述した分解、酸化、低分子量成分の気化といった変質（劣化）が発生する場合がある。特にそれは表面において著しく、空隙を生じさせた状態では空隙による実質表面の増大も相まって、より、分解、酸化、低分子量成分の気化といった変質（劣化）が促進されるという問題も発生する

即ち、従来技術に付きまとうこれらの問題を回避するため、表面と内部の温度差を生じさせにくく、短時間で、かつ極力空隙を生じさせずに、スタンパブルシートを予備加熱する加熱技術が求められていた。

課題を解決するための手段

[0027] 上記課題を解決するために、本願発明によれば、加熱により内部に空隙を生じながらその見掛け体積が膨張する性状を有する材料からなる被加熱物の加熱装置であって、少なくとも該被加熱物が前記膨張が開始する温度（膨張開始温度）以上に到達するまで、前記被加熱物と接触し前記被加熱物の膨張

を抑制する膨張抑制部材を有することを特徴とする加熱装置が提供される。

[0028] 本願発明の好ましい態様によれば、前記被加熱物が平板状の形状を有するものであり、前記加熱装置は、前記膨張抑制部材たる対向する一对の加熱表面間に前記被加熱物を載置し、該一对の加熱表面を前記被加熱物に接触させることにより、前記被加熱物の前記膨張を抑制しながら前記被加熱物を加熱することを特徴とする加熱装置が提供される。

[0029] 本願発明によるさらに好ましい態様によれば、前記被加熱物の少なくとも一部が前記膨張開始温度以上に到達した後に、前記一对の加熱表面の少なくとも一方と前記被加熱物との接触を解除することを特徴とする加熱装置が提供される。

[0030] 本願発明によるさらに好ましい態様によれば、前記一对の加熱表面は導電性を有するものであり、前記加熱装置がさらに前記一对の加熱表面間に電磁波を印加するための電磁波発生源を有し、該電磁波によっても前記被加熱物を加熱することを特徴とする加熱装置が提供される。

[0031] 本願発明によるさらに好ましい態様によれば、前記電磁波の周波数が10MHz以上100MHz以下の範囲のものであることを特徴とする加熱装置が提供される。

[0032] 本願発明によるさらに好ましい態様によれば、前記被加熱物と前記一对の加熱表面の少なくとも一方との間に絶縁材層が存在することを特徴とする加熱装置が提供される。

[0033] 本願発明によるさらに好ましい態様によれば、前記被加熱物が、マトリクス樹脂中に強化繊維を内包する構造を有するものであることを特徴とする加熱装置が提供される。

[0034] 本願発明によるさらに好ましい態様によれば、前記強化繊維の少なくとも一部が炭素繊維であることを特徴とする加熱装置が提供される。

[0035] 本願発明によるさらに好ましい態様によれば、前記マトリクス樹脂が熱可塑性の樹脂を含むものであることを特徴とする加熱装置が提供される。

[0036] 本発明の趣旨は、まず、加熱時間を短くする観点から、スタンパブルシ

ートを加熱表面と接触させて接触伝熱による急速加熱の効果を利用し、さらに、表面と内部の温度差を低減させるべく、該表面から高周波を印加していわゆる高周波加熱による内部加熱の効果を発揮させたものである。

[0037] さらに、該表面によって、スタンパブルシートの見かけ体積膨張を抑制するという効果もあわせて発揮させている。

[0038] 高周波、マイクロ波など電磁波による加熱技術は、各種ハンドブックの書籍（非特許文献2）が発刊されていることから分かるように、加熱、溶解、熱処理、接着、解凍などを目的に遍く用いられている加熱技術である。

[0039] 高周波領域において、各種産業分野において加熱等の目的で使用される周波数は、日本国内においては実質的には13.56MHz、27.12MHz、40.68MHzの3周波数帯がその使用が認められている（いわゆるISMバンド周波数）。尚、この3周波数帯以外の周波数の高周波も漏洩電磁界強度が規定値以下となるような対策を施せば、産業用途として使用可能である。

[0040] 高周波、マイクロ波など電磁波による加熱は、式（1）で示される電磁波と物質の相互作用によるものである。

$$[0041] \quad P = \pi f \varepsilon_0 \varepsilon_r'' |E|^2 + \pi f \mu_0 \mu_r'' |H|^2 + (1/2) \sigma |E|^2$$

・ ・ （1）

ここで、

P：単位体積あたりのエネルギー損失（＝発熱量）[W/m³]

π ：円周率

f：電磁波の周波数[s⁻¹]

ε_0 ：真空の誘電率[F/m]

ε_r'' ：物質の誘電損失[F/m]

E：電磁波の電場[V/m]

μ_0 ：真空の透磁率[H/m]

μ_r'' : 物資の磁気損失 [H/m]

H : 電磁波の磁場 [A/m]

σ : 物質の電気伝導度 [S/m]

である。

[0042] 式(1)において、 $\pi f \varepsilon_0 \varepsilon_r'' |E|^2$ と記されている第1項は誘電項とも呼ばれ、印加される電磁波の電界によって生じる誘電損失による発熱を示す。

また、 $\pi f \mu_0 \mu_r'' |H|^2$ と記されている第2項は磁性項ともよばれ、印加される電磁波の交番磁界によって、多くは導電体である被加熱物に生じる渦電流のジュール発熱による誘導発熱を示す項である。

更に、 $(1/2) \sigma |E|^2$ と記されている第3項は電流項と呼ばれ、印加される電磁波の電界によって生じる静電誘導電流によるジュール発熱を表す。

[0043] 第1項が支配的な場合を誘電加熱と呼び、第2項が支配的な場合を誘導加熱と呼ぶ場合もある。

[0044] 誘電加熱は、被加熱物が絶縁体(誘電体)の場合に多く用いられ、プラスチック、木材、紙、接着剤等の加熱、乾燥などの目的で用いられることが多い。いわゆる電子レンジでの2.45GHzのマイクロ波による水分子の誘電加熱はその代表例である。

高周波を用いた誘電加熱装置の形態としては、図1に概略示すように、対向する一对の電極間に被加熱物を配置し、両電極間に高周波を印加して、被加熱物を高周波誘電加熱する形態のことが多い。電極形状は図1では略平板状となっているが、電極面を曲面等で構成する等、被加熱物の形状に合わせて、電極形状を変更することも可能である。

[0045] 一方、誘導加熱は、被加熱物が導電体の場合が多く、鉄鋼材料への焼入れ等の熱処理、粉末冶金における材料の溶解、加熱などが代表的なものである。いわゆるIH調理器など称されている交番磁界を用いた加熱調理器具もこの応用ともいえる。

[0046] 尚、電磁波による加熱方法で、第3項（電流項）が支配的となっている応用例は少ない。

[0047] マイクロ波、高周波など電磁波による加熱の特徴として次の3点が考えられる。

特徴1：急速加熱

一般的な加熱方法は、輻射加熱を除けば加熱源からの熱エネルギーが伝導、対流によって、いわばゆっくりと伝播してくるのが普通である。これに対し、電磁波による加熱は加熱に要するエネルギーが電磁波の形態で空間を光速で伝達して来るとも表現でき、急速な加熱が出来るのが特徴のひとつである。

特徴2：内部加熱

電磁波は被加熱物の物性にも因るが、その内部に浸透、透過しながら被加熱物吸収され、熱エネルギーに変換される。したがって、加熱を被加熱物の表面からだけでなく内部から行なうことも可能である。

特徴3：選択加熱

被加熱物の物性によって、吸収される電磁波の波長（周波数）選択性がある。よって、複数の物質の混合物であっても、電磁波の波長を選択すれば特定の物質だけを選択的に加熱することも可能である。

[0048] 本発明は、この第2の効果を積極的に利用し、表面と内部の温度差を生じさせにくく、短時間で加熱するという課題を解決しているといえる。

発明の効果

[0049] 本発明に寄れば、表面と内部の温度差を生じさせにくく、短時間で、極力空隙を生じさせずにスタンパブルシートを予備加熱できる装置が実現できる。

図面の簡単な説明

[0050] [図1]本発明による予備加熱装置を示す概略図である。

[図2]加熱によるスタンパブルシートの膨張を示す図である。

[図3]加熱により膨張したスタンパブルシートの断面を模式的に示す図である

。

[図4]本発明による予備加熱装置による、スタンパブルシートの加熱の効果を示す図である。

[図5]異なる高周波周波数による、スタンパブルシートの加熱の効果を示す図である。

[図6]炭素繊維、炭素繊維複合材、樹脂材の高周波による加熱の効果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0051] 本明細書の以降の記載に於いては、特に断らない限り10MHz～100MHzの範囲の電磁波を高周波と呼ぶこととする。

[0052] 本発明に関わる、予備加熱装置1の該略図を図1に示す。

対向する一対の加熱電極10（その対向する表面が本発明にいう加熱表面であり、該加熱電極が膨張抑制部材を兼ねる）間に被加熱物11が配置される。加熱電極10は導電材料からなり、一方（図では下側）の加熱電極（下電極2）は加熱装置1の筐体12と電氣的に絶縁され接地されている。他方の電極（上電極3と呼ぶ）も、予備加熱装置1の筐体12等からは電氣的に絶縁され、マッチング装置5を介して高周波電源6（電磁波発生源）に接続される。加熱電極10の導電材料としてはアルミニウム系合金、ステンレスなどが使用できる。ステンレスは非磁性のものが好ましい。

[0053] 下電極2は予備加熱装置1の筐体12に絶縁部材4を介して固定されており、上電極3は電極昇降装置9によって下電極2に対し図中矢印Aで示すように上下動作可能となっている。

[0054] 上電極2、下電極3とも内部にヒータ及び温度測定素子を有し（図示せず）、温度制御装置（図示せず）によって電極全体（即ち加熱表面も）を所望の温度に加熱する。電極の加熱温度は被加熱物11中の熱可塑性樹脂の軟化開始温度以上かつ最適加熱範囲上限以下が好ましい。この温度範囲内であれば、どんなに長時間被加熱物11が上電極2または下電極3と接触したとしても、被加熱物11の温度は最適加熱範囲上限を超えることが無く好適で

ある。

- [0055] 被加熱物 11 は下電極 2 上に載置される。次いで上電極 3 が電極昇降装置 9 によって降下し所定圧力で被加熱物 11 に密着する。同時に高周波電源 6 から高周波が発振される。被加熱物 11 は接触した加熱電極 10 からの熱伝導による表面からの加熱と印加された高周波による内部から加熱、双方で加熱される。
- [0056] 被加熱物 11 の温度が軟化開始温度以上となっても、被加熱物 11 は膨張抑制部材たる上下電極 2 および 3 に挟まれており、内部に空隙を生じながらその見かけ体積が膨張することはない。尚、当然ではあるが上電極 3 の前記所定圧力は、被加熱物 11 の膨張によって生じる圧力より大きくなければならない。
- [0057] 所定の加熱時間経過後、又は、別途設けた被加熱物 11 の温度測定装置（図示せず）の測定結果より、被加熱物 11 が最適温度範囲内の所定の温度に到達すると、上電極 3 を上方に離間させる。この瞬間から被加熱物 11 は膨張を開始する。
- [0058] 高周波は、上電極 3 が離間を開始した時点で発振を止めても良いし、上電極 3 が離間開始した後も所定の時間、又は上電極 3 が所定の高さに到達するまで、印加を継続しても良い。
- [0059] 上電極 3 が所定の高さに到達すれば、被加熱物 11 を加熱電極 10 間から取り出し、プレス工程に搬送する。
- [0060] 上記態様に於いては、被加熱物 11 が膨張を開始する軟化開始温度に到達した後も、最適加熱温度に達するまでの間、膨張抑制部材たる上下の加熱電極 10 でその膨張が抑制されるため、被加熱物 11 が膨張状態にある時間が短縮され、空隙を生じている時間が極力短く出来るという効果が発揮できる。
- [0061] さらに、加熱電極 10 からの熱伝導による被加熱物 11 の表面からの加熱と、高周波による内部からの加熱を併用することで、加熱時間の短縮と、被加熱物 11 の表面と内部の温度差低減の効果が発揮できる。

(実施例)

以下に、本発明の実施例を述べる。

予備加熱装置として山本ビニター株式会社製、コンパクト型高周波ウェルダ－Y R P－4 0 0 T－R Cを改造した装置を用いた。該装置の高周波発振周波数は4 0．6 8 M H z、最大出力4 0 0 Wである。

[0062] 加熱電極はアルミニウム製、横8 5 m m×縦5 5 m m×厚み1 5 m mの大ききで、内部にシーズヒータ（2 0 0 W）及び温度センサを内蔵し、加熱表面温度最大3 0 0℃に維持可能である。上電極はロボシリンダ（登録商標）に直結され、スタート位置、ストップ位置、及びそれらにタイミング、移動速度などを任意に設定して上下動作できるようになっている。

[0063] 被加熱物たるスタンパブルシートは、厚み3 m m、ナイロン6系熱可塑性樹脂に体積含有量V f＝3 0％で、炭素繊維束（長さ3～5 c m）をランダムに配行、分散させたものである。該スタンパブルシートの最適加熱温度範囲は下限2 5 0℃、上限2 9 0℃である。

[0064] 該スタンパブルシートを恒温槽内に静置し、ゆっくりと加熱していったときの温度と膨張の関係を図2に示す。該スタンパブルシートは1 9 0℃付近より膨張を開始し、元の厚み（3 m m）の5倍程度である1 5 m m程度まで見かけ膨張する。図3に膨張した該スタンパブルシートの断面模式図を示す。内部の炭素繊維は層状に積層されており、その層間が剥離する様に空隙が発生している。

[0065] このスタンパブルシートを8 0 m m×5 0 m mに切り出したサンプルを、該予備加熱装置で加熱したときの温度プロファイルの一例を図4に示す。

[0066] このときの高周波発振出力2 0 0 W、電極の加熱温度2 5 0℃である。横軸1 0秒において、上電極が降下してスタンパブルシートと接触、同時に高周波の発振が開始する、高周波は6 0秒間発振し、横軸7 0秒において上電極が離間し、同時に高周波の発振も停止する。

[0067] なお、高周波の発振は上述のように上電極の離間開始と同時に停止しても構わないし、上電極の離間動作中或いは離間完了後も所定の時間継続させて

もかまわない。

図4より分かるように、スタンパブルシートは膨張開始温度190℃に達しても加熱電極即ち膨張抑制部材でその膨張が抑制されており、最適加熱範囲内である260℃に達した後、上電極が離間した後に始めて膨張が開始する。

[0068] また、該加熱装置には自動マッチング追従回路、反射波測定回路も組み込まれており、高周波発振中の反射波エネルギーは2W以下（即ちマッチング効率99%以上）であり、以下の議論に於いてはマッチング効率は100%としても差し支えない。

温度測定は、安立計器株式会社製蛍光式光ファイバー温度計FL-2000と蛍光式光ファイバー温度計プローブFS-1Mを組み合わせ、図4右側に示すようにスタンパブルシートの端面に窄孔した直径1.8mm、深さ15mmの小孔に該プローブを挿入して測定している。

[0069] 図中破線は高周波の発振無し、すなわち加熱電極からの伝熱だけで加熱されたときの温度プロファイルである。両者の温度差（70s付近で70℃程度ある）が高周波による加熱の効果といえる。

[0070] 図中白丸（高周波発振無し）及び黒丸（高周波発振あり）は、70sで上電極が離間した直後のスタンパブルシートの上面の温度を放射温度計（TASCO社製、THI-500）で測定したものである。高周波を印加したものは、温度プローブによる測定との温度差が小さく、内部と表面の温度差が小さいこと、即ち高周波による内部加熱の効果が発揮されていることを示していると考えられる。

[0071] 図5には異なる周波数での加熱結果を示す。実施例の予備加熱装置の高周波電源、マッチング回路等を取り替えて測定した。電極加熱は行っていない。27.12MHzのみやや温度上昇が小さいが、いずれの周波数でも加熱が行われていることがわかる。

同じ大きさのスタンパブルシートを、従来技術である雰囲気加熱（ヤマト科学株式会社製、真空乾燥炉DP-21を260℃設定、常圧で使用。内蔵ヒ

ータ680W)で加熱した場合、同等の温度、膨張状態となるのに4～5分を要した。

[0072] 以上の結果より、本発明による予備加熱装置では、従来技術による加熱装置に比して、表面と内部の温度差を生じさせにくく、短時間で極力空隙を生じさせずに、スタンパブルシートを予備加熱することが可能である。

[0073] 尚、本予備加熱装置において炭素繊維そのものや、スタンパブルシートなどの炭素繊維複合材等のサンプルを加熱するに当たって、サンプルの組成によっては電極とサンプル間で局所的なリークやスパークが発生する場合がある。このような場合、加熱電極とサンプルの間に絶縁層を設ければ、リークやスパークが抑制でき好適である。絶縁層の材質としては、耐熱性に優れかつそれ自体が高周波で加熱されることの少ない、誘電損失の小さい材質が好ましい。具体的にはPTFE（テフロン（登録商標））などのフッ素系樹脂、ポリアミド系樹脂（商標名カプトンなど）、PPS樹脂、セラミック等の無機材料などが好ましい。これらでできたシート、フィルム材をサンプルと電極間に挟んでもよく、また電極自体にフッ素系樹脂、セラミック等をコーティングすることでもよい。

[0074] 本発明者の観察によれば、上電極に比べアース接地されている下電極とサンプル間でリークやスパークが発生することが相対的に多く、下電極とサンプル間にのみ絶縁層を設けるのも好適である。

[0075] さて、本発明によれば10MHz～100MHzの高周波を用いて炭素繊維複合材であるスタンパブルシートを加熱している。このときスタンパブルシートの構成要素である炭素繊維とナイロン6系樹脂のどちらが主体的に加熱されているかは興味深い問題である。

図6には実施例の予備加熱装置を用い、40.68MHz、200W、30秒の条件で炭素繊維や炭素繊維複合材、樹脂を室温から加熱した結果である。加熱後のサンプル表面を前述の放射温度計で測定した。各サンプルの大きさ、形状、質量、物性（炭素繊維含有量、比熱、熱伝導度など）が異なりもちろん定量的な比較はではないが、いずれの材料も加熱されることは確かである。

ある。即ち炭素繊維複合材を高周波で加熱した場合、程度の差はあれ炭素繊維と樹脂双方とも高周波により加熱されていると考えられる。

[0076] 炭素繊維そのものの高周波による加熱のメカニズムについては、前掲の式第2項の誘導加熱の効果、もしくは、第3項電流項による加熱の効果も考えられる。

さて、電磁波を用いた加熱方法としてはより高い周波数のマイクロ波帯を用いるマイクロ波加熱もある。マイクロ波加熱に於いてはISMバンドのひとつである2.45GHzが多用される。このマイクロ波でも炭素繊維は容易に加熱できることは知られており、逆に加熱されすぎる故、文献3で述べられている、炭素繊維複合材において炭素繊維と樹脂界面で樹脂の過昇温の問題も知られている。本発明者らも200W設定の電子レンジで炭素繊維束を加熱したところ20秒程度で発火する現象を確認している。

[0077] 一方、本発明に用いた高周波領域であれば、図6に示したように炭素繊維単独でも発火することはなく、比較的緩やかな加熱が可能であり、炭素繊維複合材の電磁波による加熱では、マイクロ波帯よりも高周波帯の方が適していると考えられる。

符号の説明

- [0078]
- | | |
|----|---------|
| 1 | 予備加熱装置 |
| 2 | 下電極 |
| 3 | 上電極 |
| 4 | 絶縁部材 |
| 5 | マッチング回路 |
| 6 | 高周波電源 |
| 7 | 上電極ベース |
| 8 | 連結部材 |
| 9 | 電極昇降装置 |
| 10 | 加熱電極 |
| 11 | 被加熱物 |

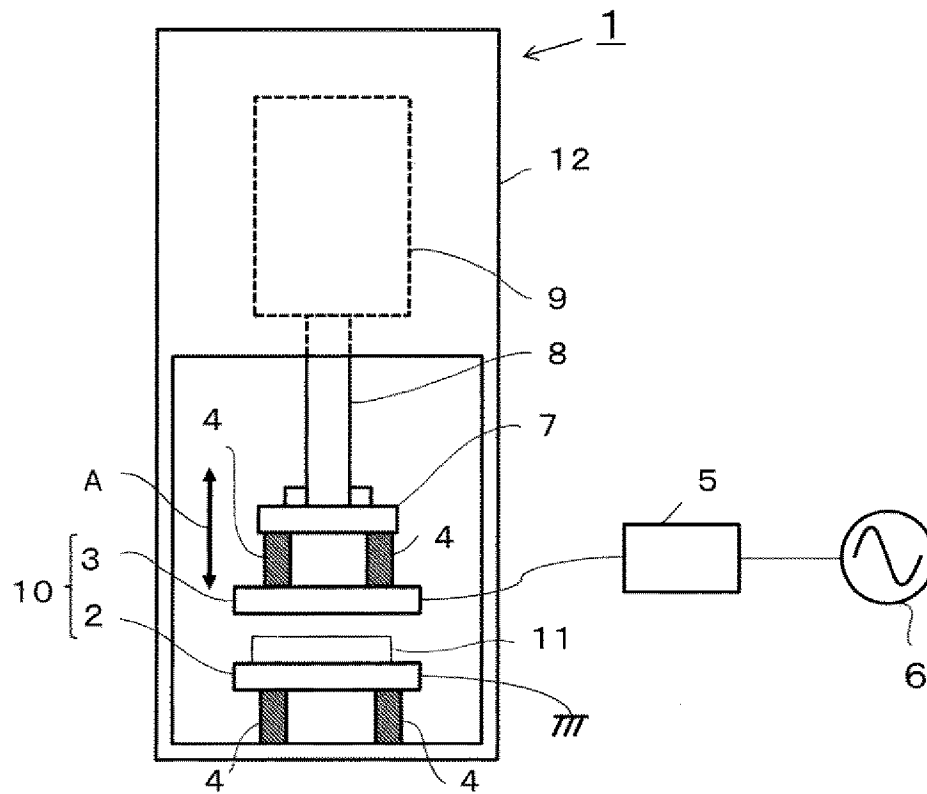
1 2 筐体

請求の範囲

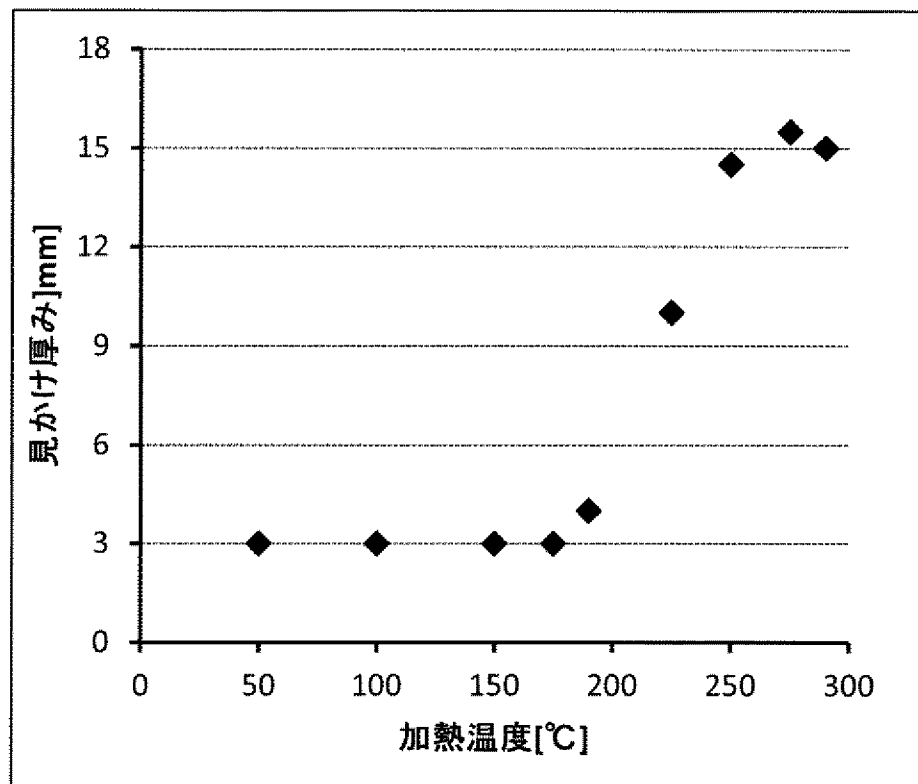
- [請求項1] 加熱により内部に空隙を生じながらその見掛け体積が膨張する性状を有する材料からなる被加熱物の加熱装置であって、少なくとも該被加熱物が前記膨張が開始する温度（膨張開始温度）以上に到達するまで、前記被加熱物と接触し前記被加熱物の膨張を抑制する膨張抑制部材を有することを特徴とする加熱装置。
- [請求項2] 前記被加熱物が平板状の形状を有するものであり、前記加熱装置は、前記膨張抑制部材たる対向する一対の加熱表面間に前記被加熱物を載置し、該一対の加熱表面を前記被加熱物に接触させることにより、前記被加熱物の前記膨張を抑制しながら前記被加熱物を加熱することを特徴とする請求項1に記載の加熱装置。
- [請求項3] 前記被加熱物の少なくとも一部が前記膨張開始温度以上に到達した後に、前記一対の加熱表面の少なくとも一方と前記被加熱物との接触を解除することを特徴とする請求項2に記載の加熱装置。
- [請求項4] 前記一対の加熱表面は導電性を有するものであり、前記加熱装置がさらに前記一対の加熱表面間に電磁波を印加するための電磁波発生源を有し、該電磁波によっても前記被加熱物を加熱することを特徴とする請求項2または3のいずれかに記載の加熱装置。
- [請求項5] 前記電磁波の周波数が10MHz以上100MHz以下の範囲のものであることを特徴とする請求項4に記載の加熱方法。
- [請求項6] 前記被加熱物と前記一対の加熱表面の少なくとも一方との間に絶縁材層が存在することを特徴とする請求項2乃至5のいずれかに記載の加熱装置。
- [請求項7] 前記被加熱物が、マトリクス樹脂中に強化繊維を内包する構造を有するものであることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の加熱装置。
- [請求項8] 前記強化繊維の少なくとも一部が炭素繊維であることを特徴とする請求項7に記載の加熱装置。

- [請求項9] 前記マトリクス樹脂が熱可塑性の樹脂を含むものであることを特徴とする請求項7又は8に記載の加熱装置。
- [請求項10] 加熱により内部に空隙を生じながらその見掛け体積が膨張する性状を有する材料からなる被加熱物の加熱方法であって、少なくとも該被加熱物が前記膨張が開始する温度（膨張開始温度）以上に到達するまで、前記被加熱物の膨張を抑制しながら加熱することを特徴とする加熱方法。
- [請求項11] 請求項10に記載の加熱方法であって、前記被加熱物の膨張を抑制しつつ、同時に前記被加熱物を高周波によって加熱することを特徴とする加熱方法。
- [請求項12] 前記被加熱物が熱可塑性マトリクス樹脂中に炭素繊維を内包した構造を有するものであることを特徴とする請求項10又は11に記載の加熱方法。

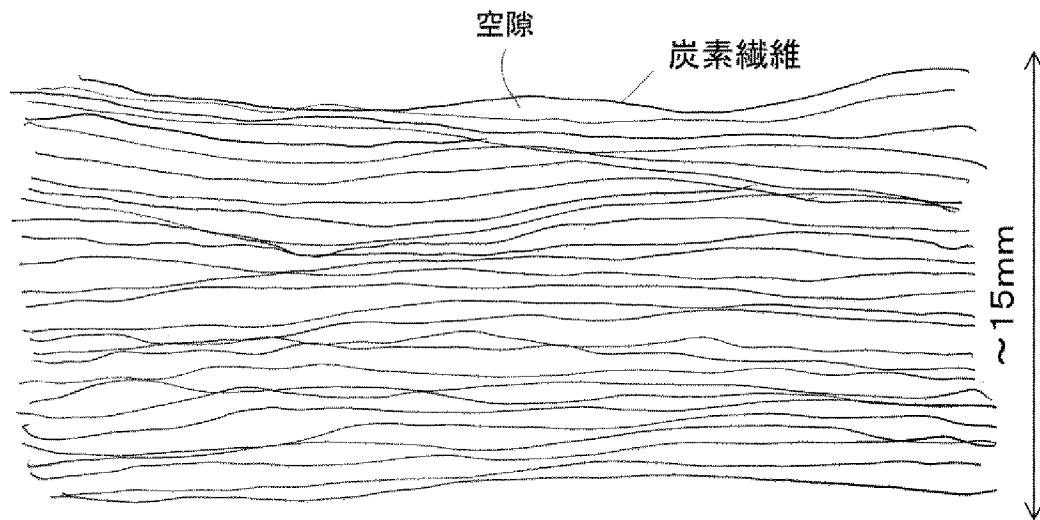
[図1]



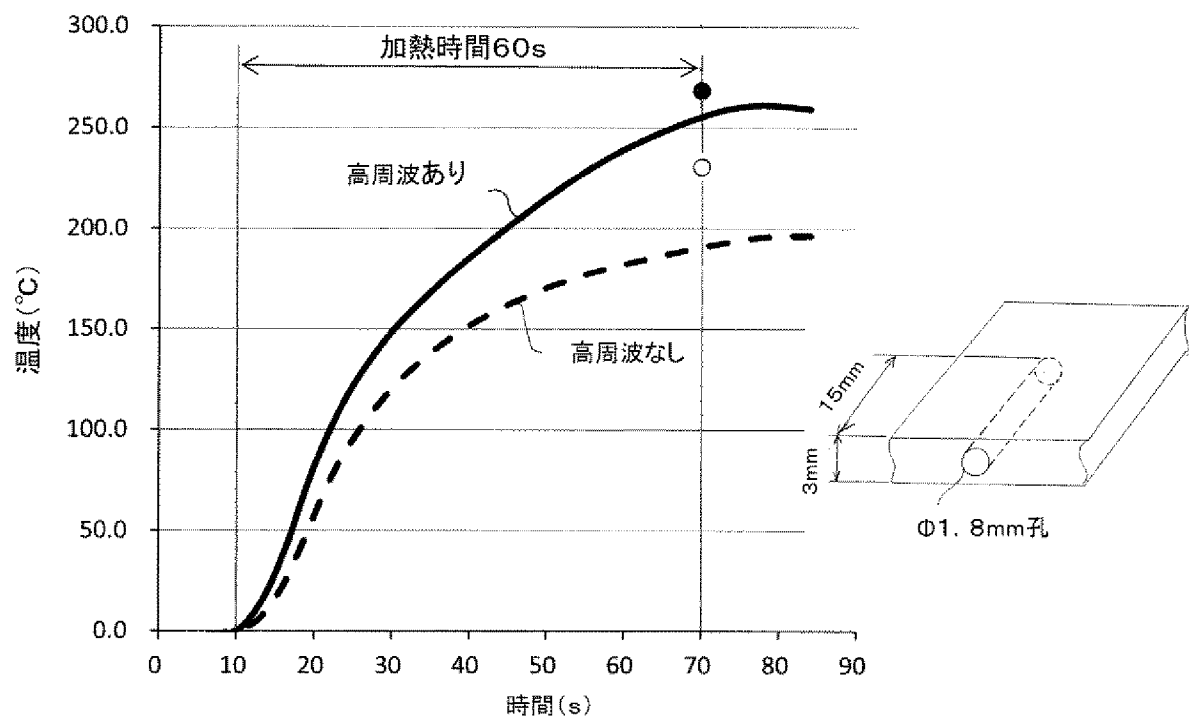
[図2]



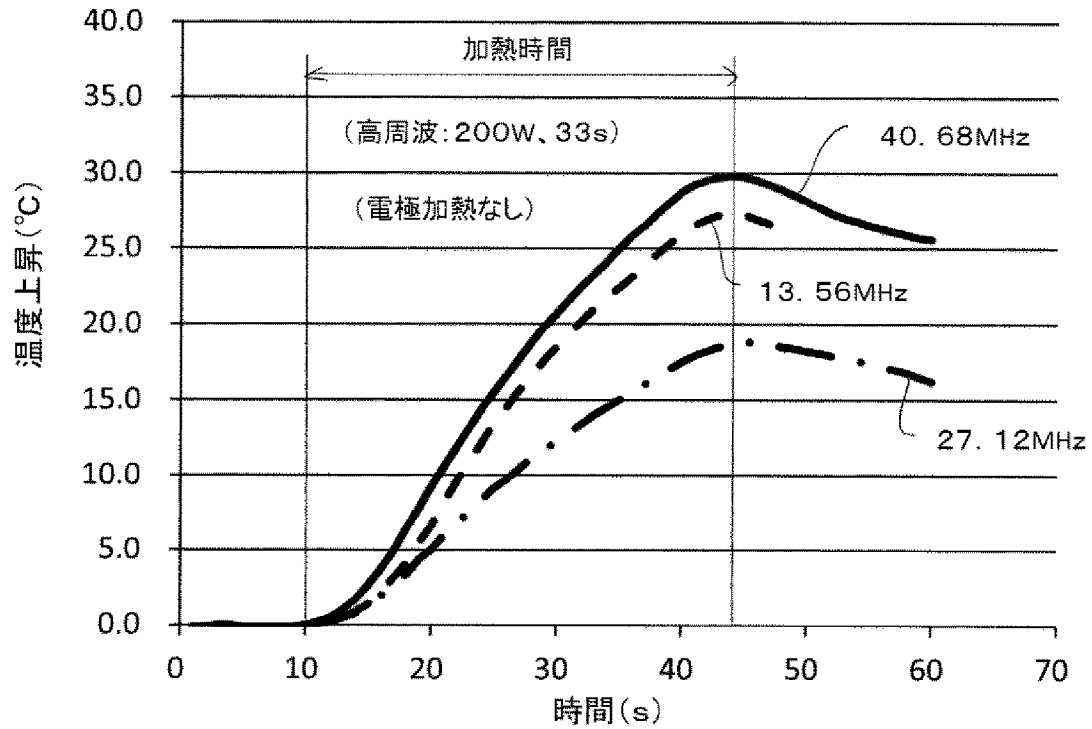
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

各種サンプルの高周波加熱結果

材料	大きさ、形状、重さなど	上下電極	表面到達温度[°C]
ナイロン6系 スタンパブルシート	50mm×50mm×厚み3mm 重さ9.6g、Vf30%	サンプルに接触	54
ナイロン6系 UDテープ	幅25.4mm×長さ50mm×厚み0.5mmを 10枚積層、重さ9.8g、Vf50%	サンプルに接触	71
炭素繊維	東レ製T800レギュラートウ、約20g	電極間10mm、上電極 はサンプルと非接触	75
ナイロン6樹脂板	50mm×50mm×厚み5mm、重さ14g	サンプルに接触	35

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/085892

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29C43/52(2006.01) i, B29B13/02(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)

B29C43/52, B29B13/02

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
X Y	JP 2012-206515 A (Hirofumi Co., Ltd.), 25 October 2012 (25.10.2012), paragraphs [0032], [0059] to [0083] & CN 102218866 A	1-3, 7-10, 12 4-6, 11
Y	JP 2014-198838 A (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 23 October 2014 (23.10.2014), paragraph [0034] (Family: none)	4-6, 11

☐ 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
26 December 2016 (26.12.16)

Date of mailing of the international search report
10 January 2017 (10.01.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B29C43/52(2006.01)i, B29B13/02(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. B29C43/52, B29B13/02

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
X	JP 2012-206515 A（株式会社ヒロタニ）2012.10.25, 第32, 59-83 段落	1-3, 7-10, 12
Y	& CN 102218866 A	4-6, 11
Y	JP 2014-198838 A（三菱レイヨン株式会社）2014.10.23, 第34 段落（ファミリーなし）	4-6, 11

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

26.12.2016

国際調査報告の発送日

10.01.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

長谷部 智寿

4 R

3339

電話番号 03-3581-1101 内線 3471