

複合化による安全性強化食器の開発

伊藤賢次*¹、水野 修*²、不二門義仁*²

Fabrication and Mechanical Properties Evaluation for the Composite of Porcelain and Plastics

Kenji ITO, Osamu MIZUNO and Yoshihito FUJITO

Environmental Research Center*¹ SETO Ceramic Research Center,AITEC*²

食器破損時の破片によるけがの防止等、食器の安全性を高めるため、磁器とプラスチック樹脂の複合化について検討した。その結果、複合化手法として、複雑な形状を有した少量生産の食器生産に適した樹脂注入プロセス及び比較的単純な形状を有した食器の生産に適した樹脂接着プロセスを考案した。樹脂接着プロセスにより、磁器とポリカーボネート樹脂を接着させた試験体の鉄片落下試験では、破片の飛散防止に効果が見られた。

1. はじめに

陶磁器製の業務用食器として使用されるアルミナ強化磁器は強度などの機械的性質に優れているものの、脆性材料であることから落下時に破片が飛び散ることがあり、破片形状も鋭利であることから、その危険性が指摘されている。¹⁾ また、アルミナの比重が大きく、熱伝導率も高いことから、普通磁器と比較して重い、熱が伝わりやすく熱い食物を入れると食器を持つ手が熱い等の欠点がある。

一方、プラスチック食器は、軽量で落下による破損がないものの、内分泌攪乱物質（環境ホルモン）の溶出やナイフやフォークにより食器に傷が付きやすいといった欠点がある。

本研究では、磁器とプラスチック樹脂の長所を併せ持ち、落下時に破片の飛散が少なく、軽量で安全な陶磁器食器の開発を目指し、プラスチック樹脂との複合化による食器の安全性向上について検討した。

2. 実験方法

2.1 複合化の手法

磁器とプラスチック樹脂との複合化手法について、樹脂注入プロセス及び樹脂接着プロセスを考案し、その特徴及び応用例について検討した。

2.1.1 樹脂注入プロセス

中空の磁器食器素地中に熱硬化性樹脂を注入して軽量化、破損時の飛散防止、低熱伝導化、有害成分の溶出防止を図るプロセスを考案した。磁器食器素地は排泥鋳込成形によって肉薄な中空食器を製造するため、このプロセスは複雑な形状の食器の製造に適している。ただし、

基礎磁器素地は、肉薄であるため高強度であり、焼成時に変形が少ないような材料であることが望ましい。**図1**に樹脂注入プロセスモデルを示す。

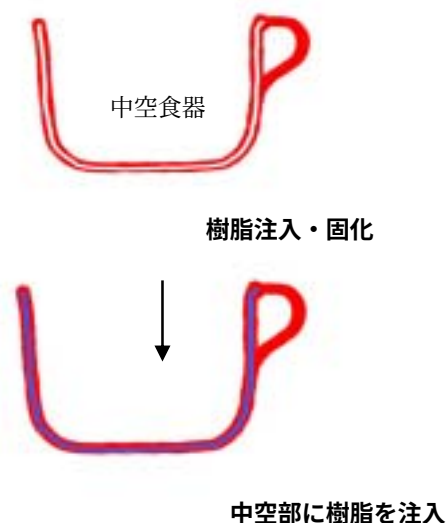


図1 樹脂注入プロセスモデル

2.1.2 樹脂接着プロセス

磁器とプラスチック樹脂を貼り合わせた構造を持つ食器を考案した。食器内面に化学的耐食性、硬度の高い磁器を、外面に軽量で、耐衝撃性に優れたポリカーボネート等のプラスチック樹脂を配することにより、軽量化、破損時の飛散防止、低熱伝導化、有害成分の溶出防止機能を有した食器になる。単純な形状の食器の量産に適している。**図2**に樹脂接着プロセスモデルを示す。

*1 環境調査センター 水圏部 *2 瀬戸窯業技術センター 開発技術室

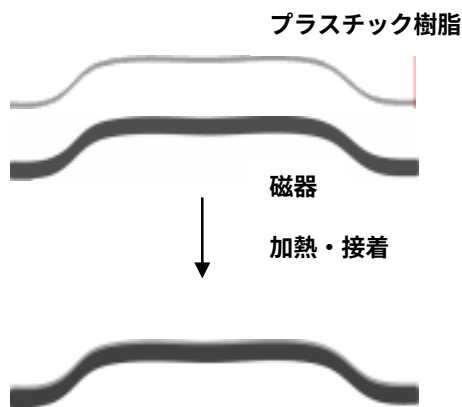


図2 樹脂接着プロセスモデル

2.2 基礎磁器調合

樹脂注入プロセスに使用する基礎磁器調合は、1250℃～1350℃で軟化変形量が小さく、高強度である粘土-長石-珪石-アルミナ系のアルミナ強化磁器を選定した。

樹脂接着プロセスに使用する基礎磁器素地は、樹脂との貼り合わせ工程があることから、寸法精度の高い肉薄磁器であることが要求される。寸法精度の高い磁器素地を製造するために、軟質磁器を高火度の型材上で軟化させ、型材の形状に変形する方法を考案した。この磁器素地に求められる機能は、高強度であること、1250～1350℃の温度で変形する（焼下がり量が多い）こと、熱膨張係数がプラスチックにより近いことである。この条件を満たす基礎磁器素地として、リン酸カルシウム系セラミックス（TCP：リン酸三カルシウムセラミックス等）や結晶化ガラス等が有望である。本研究では粘土-長石-珪石-アルミナ系のアルミナ強化磁器を鋳込成形したものを1280℃で焼成して用いた。

2.3 樹脂材料及び接着試験

本研究に使用するプラスチック樹脂材料は、食器の使用される温度域で変質がなく、熱的及び化学的に安定なものが望ましい。プラスチック製食器に利用実績のある樹脂について調査したところ、これまでに、PC（ポリカーボネート）樹脂、ABS（アクリロニトリル-ブタジエンスチレン）樹脂、メラミン樹脂、ポリプロピレン樹脂、PEN（ポリエチレンナフタレート）樹脂等が使用されている。

樹脂注入プロセスに使用する樹脂には、注入時に流動性が高く、熱処理や重合反応等により硬化すること。衝撃に強いことが必要である。一方、樹脂接着プロセスに使用する樹脂には、耐衝撃性が高く、基礎磁器素地と熱膨張係数が近いものが望ましい。

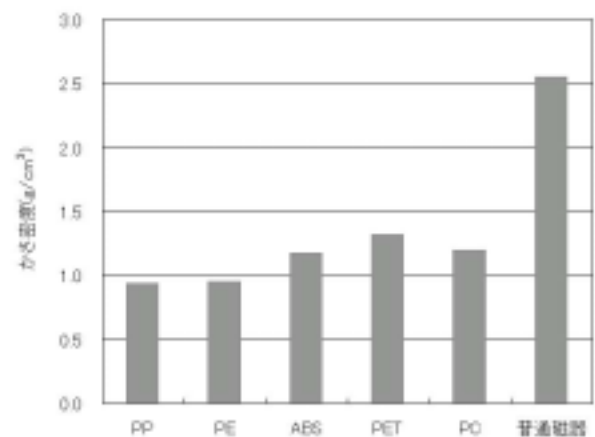


図3 プラスチック樹脂のかさ密度

本研究では、PC、ABS、PP、PE、PET プラスチック樹脂のかさ密度、ショア硬さ等の物理的特性、軟化温度等の熱的特性、磁器との接着試験を実施して、その適正について検討した。

3. 実験結果及び考察

3.1 プラスチック樹脂の物性値

実験に使用した各プラスチック樹脂のかさ密度は、PP<PE<ABS<PC<PETであり、そのかさ密度は0.94～1.32 g/cm³であった。図3にプラスチック樹脂のかさ密度を示す。普通磁器のかさ密度が約2.6 g/cm³であることから、複合化による食器の軽量化が期待できる。一方、ショア硬さは、PE<PP<ABS<PET<PCであり、ショア硬さは36～66 Hs と差が大きい。図4にプラスチック樹脂のショア硬さを示す。

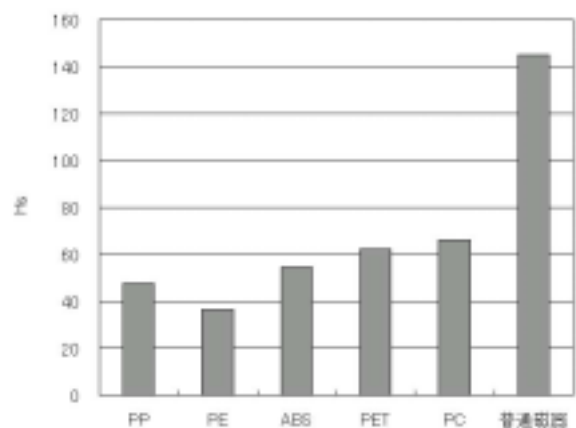


図4 プラスチック樹脂のショア硬さ

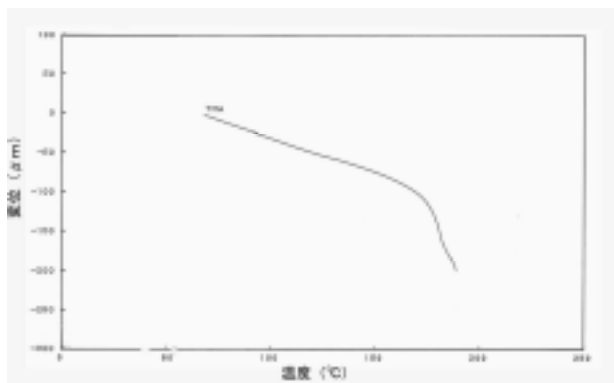


図5 PP樹脂の線膨張変化

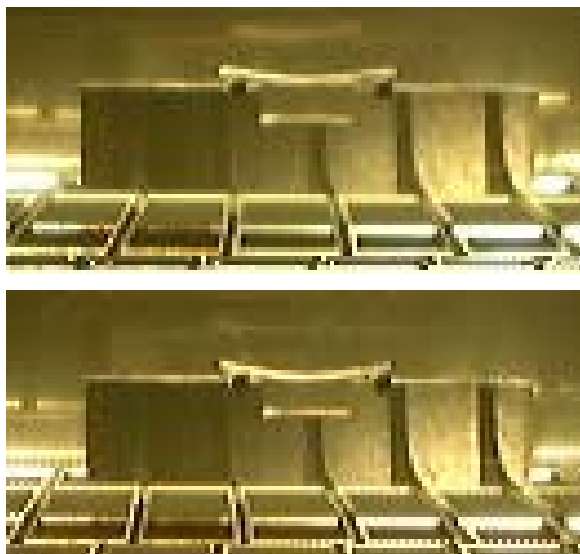


図6 ABS樹脂（上）及びPET樹脂（下）の加熱時の外観（130℃）

3.2 プラスチック樹脂の熱的特性

プラスチック樹脂の熱的特性を示差熱天秤(TG-DTA)及び熱機械分析装置(TMA)、加熱時の外観観察によって調べた。その結果、ABS及びPET樹脂は130℃付近で軟化し、PE樹脂は160℃付近で体積収縮を示した。PC、PPにおいては、160℃でも著しい軟化は観察されなかった。図5にPP樹脂の線膨張変化を、図6にABS樹脂及びPET樹脂の加熱時の外観を示す。

3.3 接着性試験

耐熱性試験の結果が軟化温度の面で優れていたPP、PC、及びPET樹脂と磁器の接着試験を行った。接着試験は、JCRS 203（食器用強化磁器の曲げ強さ試験方法）に定める試験片を長手方向に半切した試料に厚さ1mmのプラスチック樹脂シートを挟み恒温槽内で130～190℃に加熱し、接着した試料を4点曲げ試験により評価した。その結果、磁器接合面を#400のダイヤモンドホイールで研削した試料(0.5μm Ra)は、いずれのプラスチック樹脂の場合も、接合強度は著しく小さく計測不能であった。#120の炭化珪素粒でサンドブラスト処理し、鋳込

製品の焼成し面と同様の表面粗さに加工した試料(4μm Ra)の場合では、PPを190℃で接合した試料で0.1MPa、PETでは同条件で0.8MPaの曲げ強さであった。接合強度は磁器の強度と比較して著しく小さいが、実用化に際しては、その接着面積の大きさ、接着面の表面粗さの粗大化によるアンカー効果によって強度向上が期待できる。

さらに、プラスチック樹脂の接着による耐衝撃性の向上を確認するため、100×40×12mmの大きさの磁器試料を2枚用意し、間に厚さ1mmのPPシートを挟んで190℃に加熱し、衝撃試験用試料を作製した。試料の100×40mmの面に質量250gの金属片を高さを変えて落下させ、破損状況を観察し、PPを挟まない100×40×25mmの磁器試料の破損状況と比較した。磁器試料では高さ10cmから金属片を落下させた場合に破片が飛散したのに対して、PPと磁器を複合化させた試料では、高さ15cmからの落下により亀裂が入り、高さ25cmからの落下により破壊した。この場合でも、磁器試料と比較して破片の個数は少なく、飛散面積も小さいことが分かった。図7に破壊時の状況を示す。



図7 未処理試料(上)及び複合化試料(下)の破壊状況

4. 結び

食器破損時の破片によるけがの防止等、食器の安全性を高めるため、磁器とプラスチック樹脂の複合化について検討した結果、樹脂注入プロセス及び、樹脂接着プロセスは有望な方法であり、食器の形状、生産量に応じて、このプロセスを選択することが望ましい。

樹脂接着プロセスに使用するプラスチック樹脂には、PC 及び PP が温度域、弾性率の面から良く、

本研究で実施した接着温度、条件では PC との接着強さは PP のそれより高いことが判明した。

磁器とプラスチックとの複合化は、特に軽量化に効果が大きく、食器のみならず大型陶磁器製品、例えば乳鉢やミル等の理化学用陶磁器の軽量化に応用が期待できる。

文献

- 1) 製品評価技術センター事故情報特記ニュース No.33, (2001)