

氏名	こだま かつひろ 児玉 勝洋
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	博甲第 561 号
学位授与の日付	平成 22 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 先端ファイブロ科学専攻
学位論文題目	繊維強化複合材料射出成形品の表面性状に関する研究
審査委員	(主査)教授 濱田泰以 教授 木村照夫 教授 藤井善通 准教授 横山敦士

論文内容の要旨

本論文は、工業製品として多用されているプラスチック材料を用いた射出成形品の表面性状の評価法の確立とその表面性状に対する因子を解明することにより、射出成形用金型の設計を支援する手法を提案している。意匠面に用いられるシボ形状を表面に加飾した射出成形品を対象として、その表面性状を定量的に評価するための手法について、複雑な表面性状を効率的に評価できる評価法の検討を行っている。また、ガラス繊維強化樹脂成形品を対象として、多様な成形条件での成形品の表面性状の評価を行っている。さらには有限要素法を用いた数値流動解析により、金型内流動中の樹脂の状態について、金型形状ならびに成形条件の影響について詳細な検証を行い、射出成形品の表面性状に対して影響を与える因子の抽出を行っている。これらの知見を基にして、シボ表面加飾を施したガラス繊維強化系樹脂射出成形品の表面性状の評価法および金型設計法の確立に関する研究についてまとめたものである。本論文は 4 章および緒論と結論から構成され、以下に各章の概要を示す。

第 1 章では、本研究に至る背景および目的について述べている。射出成形品の表面に多様な加飾を施すことは多用されているが、その表面性状の一般的な定量的評価法の開発はまだ十分に行われていないこと、また、その表面性状に対しての成形条件・金型形状の影響の解明が課題になっていることが示されている。シボ表面加飾を施したガラス繊維強化系樹脂射出成形用の金型設計法の確立のためには表面評価法の確立とその表面性状予測手法の確立が必要不可欠であることを述べている。

第 2 章では、シボ形状を表面に加飾した射出成形品を対象として、その表面性状を定量的に評価するための手法の検討を行っている。射出成形品の目視評価を始めとした多様な評価方について、その有効性の比較検討を行っている。その結果、表面状態を直接計測し、そのデータの凹凸状態についてスペクトル解析を用いて数値化する新たな評価方法を確立している。本評価法により、複雑な表面形状を有する射出成形品の定量的な評価が可能となり、シボ加工を施した射出成形品の成形条件および金型設計について最適条件検討を行うのに有用な評価法となり得ることを指摘している。

第 3 章では、第 2 章で構築した表面評価法を用いて、ガラス繊維強化系樹脂の射出成形品を対象に、シボ表面状態の評価を行っている。また、数値解析を実施し金型内における樹脂の流動状

況ならびに樹脂圧力および温度の経時変化について詳細な検討を行っている。シボ表面性状に対して樹脂内に混入されているガラス繊維の存在が大きな影響を与えていることが示されている。また、数値解析結果による樹脂圧力と温度の経時変化を用いることでシボ表面状態について定量的に整理できることを示している。

第4章では、多数個取り金型による射出成形品を対象に、第2章と同じガラス繊維強化系樹脂の射出成形品を対象に、シボ表面状態の評価を行っている。多数の成形品を一つの金型で同時に成形できる多数個取りの金型による射出成形品では、各成形品を成形するキャビティに対する成形中の流動樹脂量のバランスがシボ表面状態へ与える影響や、キャビティ内の樹脂流動状況の違いが成形品のシボ表面に及ぼす影響についての検討を行っている。多数個取り金型の成形品において、樹脂流動過程の違いが大きく、せん断発熱による樹脂温度の上昇によりシボ表面性状の違いがキャビティ間で大きく異なる可能性が高いことを指摘しており、同時充填を実現する金型設計が安定したシボ表面を有する成形品の製造の重要な要因であることを指摘している。

第5章では、第4章で得られた知見を実現するための多数個取り金型でのシボ表面を有する射出成形品用金型の最適設計法についての検討を行っている。また、数値解析により得られた同時充填を実現する金型形状を用いた成形品を用いて、成形品のシボ表面状態への影響や、ランナーバランスがシボ表面状態に及ぼす影響について考察して、本章で用いている最適金型設計法が高品位シボ表面を有する射出成形品の作成に有効であることを指摘している。

第6章では、各章で得られた知見をまとめ、プラスチック射出成形品の表面性状について、各章で得られた知見をまとめている。最後に、本研究における今後の展望を述べ、本論文における結びとしている。

論文審査の結果の要旨

プラスチック射出成形品には、用途に応じてのさまざまな品質要求があり、成形品表面の微細な凹凸形状に対する表面性状は、重要な品質の一つである。代表的な表面性状として自動車内装用品、家電製品などの意匠面に用いられるシボ形状が挙げられる。均一な表面凹凸に対する転写性等の研究事例は数多くなされているが、不均一なシボ表面についての定量的な評価は、研究事例も少なく未だ確立されているとは言い難い状況にある。他方、シボ形状を有する射出成形品においては、その使用環境から剛性や強度を要求される場合があり、ガラス繊維強化樹脂を用いる場合が多い。ガラス繊維はシボ形状形成に対して悪影響を与え、その影響を適正に評価することは金型設計において重要であると考えられている。

本論文では、これらのシボ形状を対象として、その定量的な評価法の確立とガラス繊維強化樹脂成形品の表面状態に影響を及ぼす因子を明確にすることを目的としている。

研究の結果、表面粗さを直接計測した表面凹凸形状をフーリエ変換によるスペクトル解析を実施した結果を適用することにより、不均一なシボ形状の定量的な評価法を確立している。この評価法はプラスチック成形加工品の多様な表面状態の定量的な評価法として適用可能であり、実用性が高いところが評価された。

また、ガラス繊維強化樹脂成形品のシボ表面状態に関しては、金型温度および充填時間が長くなるほど、シボ表面状態が悪くなることが確認されており、数値流動解析を用いた流動状況の検

討の結果、金型内での樹脂の温度および圧力の経時変化により、その予測が可能であることを見出している。本指摘は、多数の成形品を一つの金型で成形する多数個取り金型においても確認されており、多様な形状の成形品に対しても有効であることが確認されたことで、本研究で提案した評価法ならびに知見は、シボ表面を有する射出成形品の最適金型設計においての有用な情報となることが明らかとなっており、その有用性が高く評価された。

本手法を実際の射出成形用金型設計に適応すれば、これまで未着手であった最適金型設計とつて有用となるばかりでなく、今後の新製品開発においても強力なツールとなる。このような手法は従来提案されておらず、本手法を構築した意義は大きいと考えられる。

プラスチック成形分野において、多様な表面加飾による高付加価値化への要求は今後益々増加することが予想される。本研究では表面評価法の確立ならびに実験および数値解析により、最終製品品質に影響を及ぼす支配要因を明確しているなど、有効な指針を与えるものとしている。プラスチック成形加工品の高品質化に資する技術であり、工業的にも意義深いところが高く評価された。

本研究をまとめるに当たり基礎となったレフェリー制のある4報の論文を下記に示す。

- (1) 児玉勝洋、藤原健輔、丹下彰男、山下勝久、野々村千里、横山敦士：射出成形品の表面性状に関する研究－第1報－, 成形加工 第19巻 第9号 582頁～588頁 (2007年)
- (2) 児玉勝洋、藤原健輔、丹下彰男、山下勝久、野々村千里、横山敦士：射出成形品の表面性状に関する研究－第2報－, 成形加工 第21巻 第10号 640頁～647頁 (2009年)
- (3) 児玉勝洋、藤原健輔、丹下彰男、山下勝久、野々村千里、横山敦士：射出成形品の表面性状に関する研究－第3報－, 成形加工 掲載予定
- (4) K.Kodama, K.Fujiwara, K.Yamashita, C.Nonomura, A.Yokoyama : "The Study of Surface Properties in Injection Molding", Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology, Submitted

上記4編はすべて申請者が筆頭著者である。以上の結果より、本論文の内容には十分な新規制と独創性ならびに高い学術的な価値があることを全審査員が認めた。