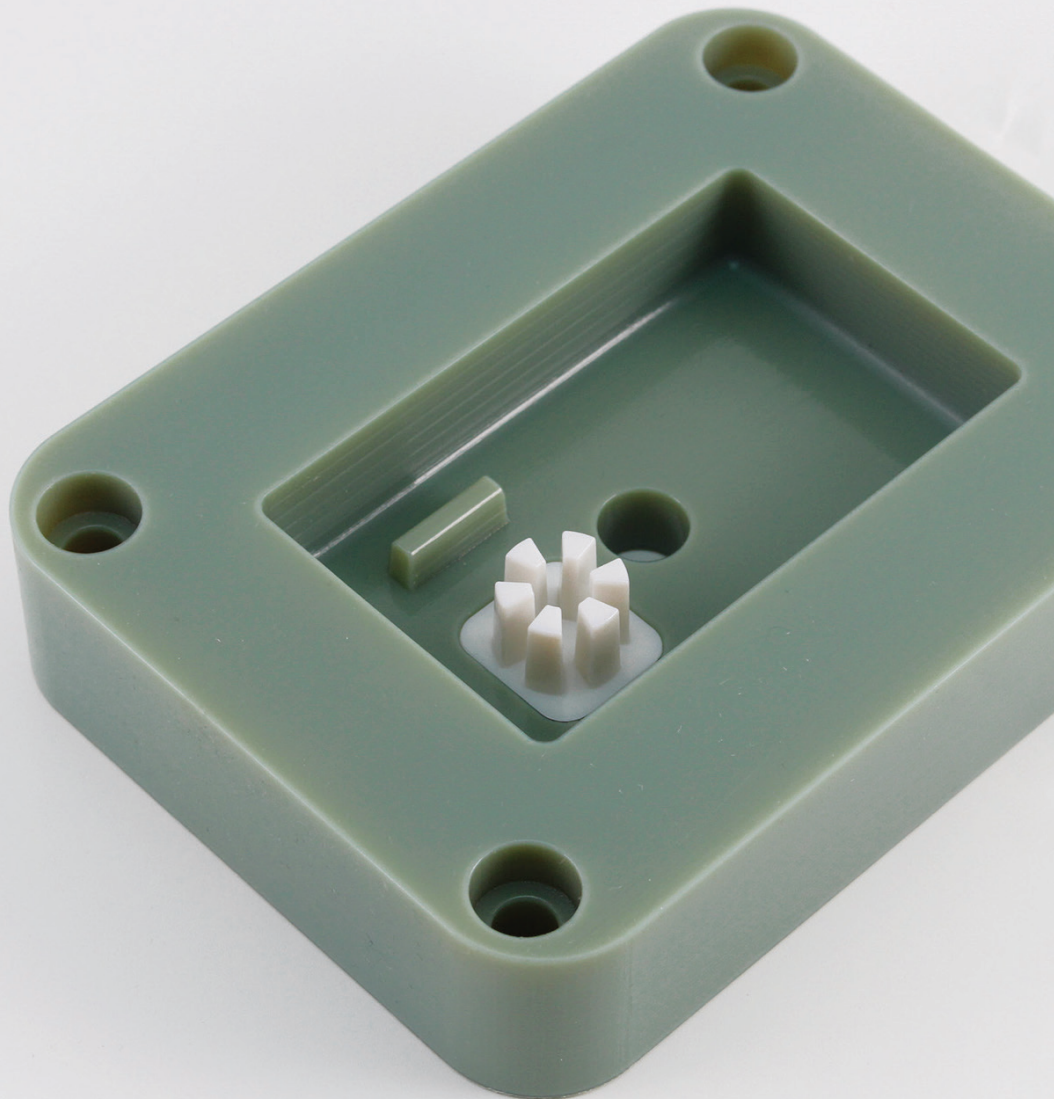
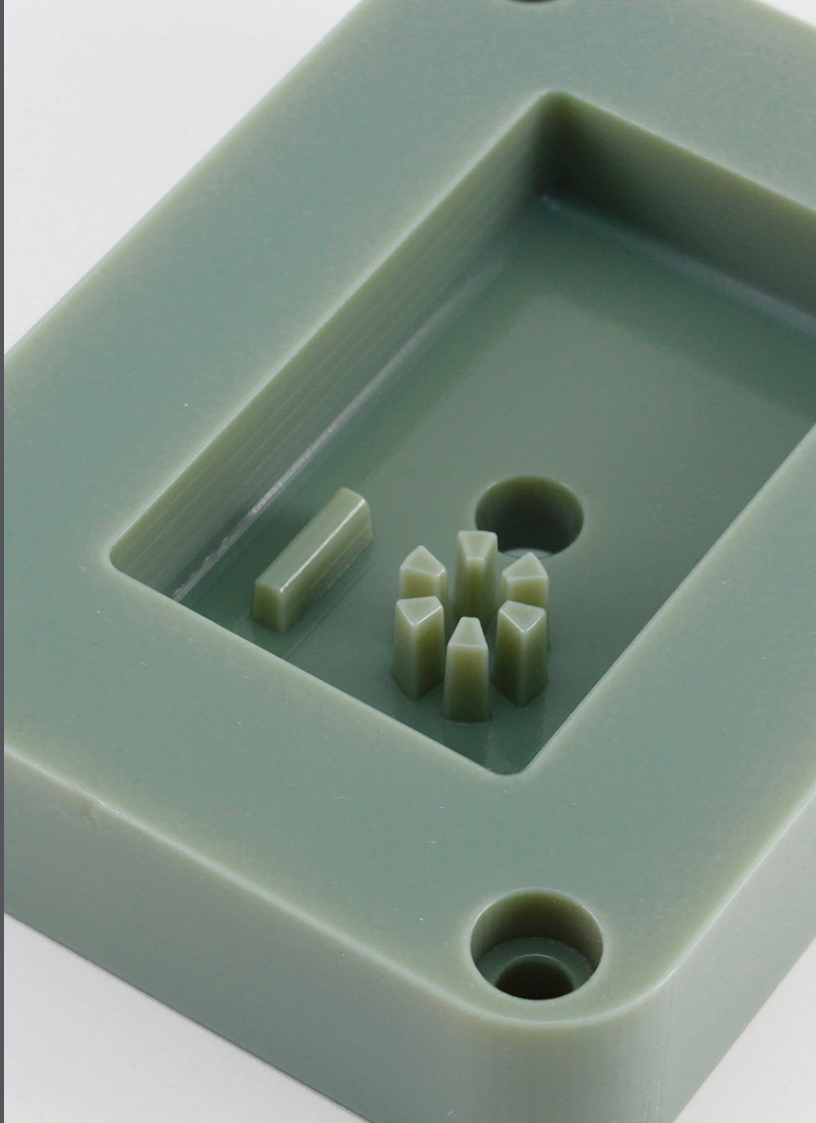


樹脂材料と 3Dプリンタに よる射出成形 型(3DPIM)の 効果的な設計 検証ツールの 実証実験



樹脂材料と3Dプリンタによる 射出成型型 (3DPIM) の効果的な 設計検証ツールの実証実験

射出成型は、プラスチック材料を金型のキャビティに注入し、キャビティの形状に合わせて冷却・固化させるプロセスで、世界で最も普及している製造工程の1つです。射出成型は、高精度で複雑な部品を大量に生産するのに最適な方法です。

樹脂材料と3Dプリンタによる 射出成型型(3DPIM)の効果的な 設計検証ツールの実証実験

部品の機能性能を総合かつ正確に評価するため、あるいは電気部品や機械部品の安全試験を実行するためには、最終生産部品の実際の材料と射出成型プロセスを使用して射出成型部品を製造する必要があります。そのため、部品の形状、フィット感、機能の問題点を検出し、必要に応じて検証を行うためのプロトタイプ部品を作成するために、樹脂材料と3Dプリンタによる射出成型型(3DPIM)の採用が進んでいます。

樹脂を使用した成型型は、金属製の金型よりもはるかに安価で、リードタイムも短く、時には90%までリードタイムを短縮できますが、3DPIMのための専用の解析ツールはまだ提供されていません。そこで、StratasysとMoldex3Dが協力し、先行シミュレーション予測による3DPIMソリューションを完成させました。両方のソリューションを使用することで、より良い結果を得て、より効率的に生産ツールを開発することができます。さらに、顧客は造形ツールの寿命を延ばし、設計を改善し、プロセスをよりよく理解することができます。

ストラタシスにできること

3DPIMは、従来のツーリングプロセスで数週間かかるリードタイムに比べ、わずかなコストと数日でプロトタイプを作成することが可能です。例えば、小型のストレートプルモールドを作成するための価格は2,500ドルから15,000ドルで、納品までは通常10日から4週間かかります。仮に、数十個のテストパーツのためだけだとしたら従来の金型を使う方法は費用対効果が非常に小さいと言えるでしょう。代わりに3DPIMを使った場合、生産部品と同じ熱可塑性プラスチックで5個から100個の部品を生産することが可能です。ソフトメタルやスチール製の金型に比べれば、ほんのわずかな費用で、1~2日で製作することができます。現在、3DPIMは主に300℃までの熱可塑性プラスチックで使用されており、従来の金属製工具と比較すると部品の

形状やサイズに制限がありますが、この方法を適用できる場合は、大きなメリットがあると言えるでしょう。[1]



Moldex3Dは、3Dプリンタで造形された射出成型型の成形性を評価するのに役立つ強力なツールです。

ストラタシスとMoldex3Dが組み合わせることで、お客さまは生産を成功させるために部品と金型を検証・テストするための強化されたソリューションを手に入れることができます。”

Nadav Sella 氏
Director, Manufacturing Tools
at Stratasys

3DPIM使用によるメリット:

リード開発にかかる時間を平均50%~90%短縮

- 平均50%~70%のコスト削減
- 生産用プラスチックによる機能評価
- 少ない工程での効率化と型製作の自動化
- 部品性能、金型設計、熱可塑性樹脂の選択に関する早期検証

3Dプリンタで造形された成形型は、高温高圧で射出される樹脂に耐える必要があります。さらに、高いせん断応力が存在し、キャビティ内に射出する際に型を破壊する可能性があります。また、射出の成功率は、射出材料(流動性、粘性、溶融温度)と型の形状に依存します。特定の型の形状の性能を最適化するためには、ユーザーはストラタシスの設計ガイドライン(TAG - Technical Application Guide [1])に従うことを推奨します。この文書情報は、3DPIMユーザーのために役立ちます。

- 従来の金型を樹脂材料と3Dプリンタで造形した型に置き換えて評価
- ゲート位置やゲート数など、造形した型の設計を修正する
- 重要なフィーチャーには金属インサートを使用する

Moldex3Dができること

Moldex3Dは、材料特性、成形条件、部品/型の設計が工程や部品品質に及ぼす影響を評価するプロセスCAE(Computer Aided Engineering)シミュレータです。型への充填、保圧、冷却、成形後の反りなどの解析は、設計段階だけでなく、既存のプロセス/設計のトラブルシューティングにおいても貴重な情報となります。Moldex3Dはまた、選択された材料と成形条件に従って、射出成形サイクル中のプロセス特性や成形品の収縮挙動を予測します。これにより、設計パラメータを迅速に評価、検証し、さらに最適化することができます(図1)。

Moldex3Dは真の3Dソリューションを使って射出成形のプロセス全体をシミュレーションするため、

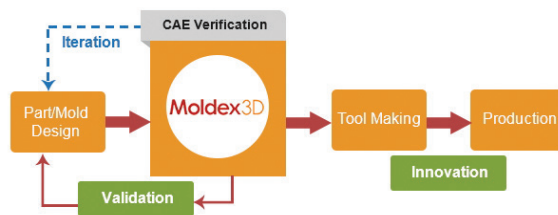


図1 真の3次元数値シミュレーションテクノロジー

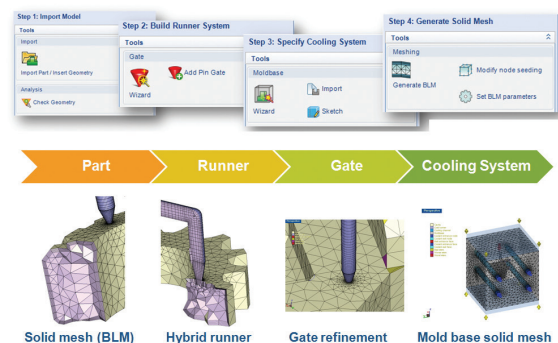


図2 Moldex3Dのシミュレーションの流れ

シミュレーションのために形状モデルを手作業で簡略化する必要はありません。3DPIMのユーザーにとって、「Moldex3D Professional Package」または「Moldex3D Advanced Package」は、3DPIMの欠陥予測と設計最適化に最も適したパッケージです(図2)。

Moldex3Dは、予測精度を保証するために、直感的に十分な境界層を持つ「3Dソリッドメッシュ」を生成することができます。ソリッドメッシュ生成後、ユーザーは成形条件を定義し、基本的な操作手順に従い、簡単に解析を行うことができます。解析結果をもとに、レオロジー、熱、機械特性を考慮した部品・型の寸法やレイアウトを最適化することができます。

Moldex3Dを使用した3DPIMの潜在的欠陥の検出

このショーケースの製品は、Stratasys®が設計したテスト部品で、プリントモールド(3DPIM プロセス)を使用して射出成形部品に現れる一般的な設計上の特徴をいくつかテストしています。過去の経験から、樹脂で成形した場合の部分的なクラックは、製品の品質とプロトタイプ型の寿命の要件を確保するために回避しなければならない重要な問題であることが分かっています。ストラタシスは、Moldex3Dを使用して、樹脂流動に起因する潜在的な欠陥と割れの発生を予測しました。このショーケースでは、3DPIMのパフォーマンスを向上させるための早期欠陥診断の価値が実証されました(図3)。

課題

- タワーは熱抵抗が小さいため加熱されて軟化し、射出・押出時に破断しやすい(図4)。
- キャビティ内へ射出後、特定部位の型の表面温度が著しく高くなる。

解決

Moldex3D DesignerのBLM(境界層メッシュ)解析とMCM(複数部品成形)解析の技術を活用して、3DPIMの流動挙動と変形を観察しています。今回は、Moldex3D解析において、中入子とキャビティ型の3DPIMを樹脂製の型の2つの「インサート」として設定します(図5)。そして、Moldex3Dのコアシフト解析を適用して、充填段階での不均一な圧力分布によって生じるインサートのたわみと応力の結果を予測することができます(図6)。

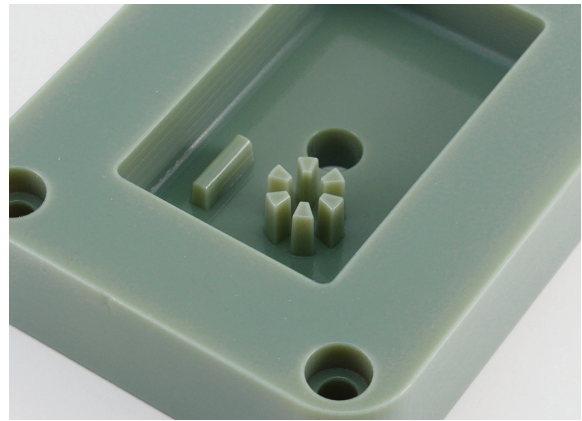


図3 タワーのある3DPIM

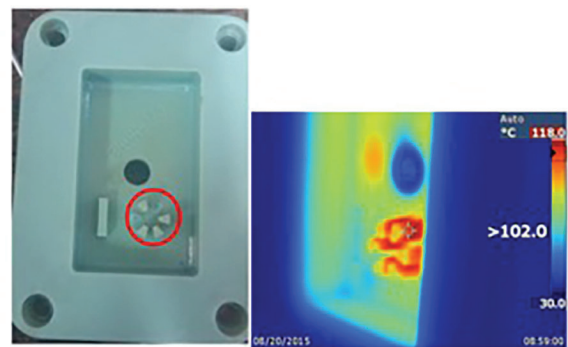


図4 2~6回でタワーが折れやすい

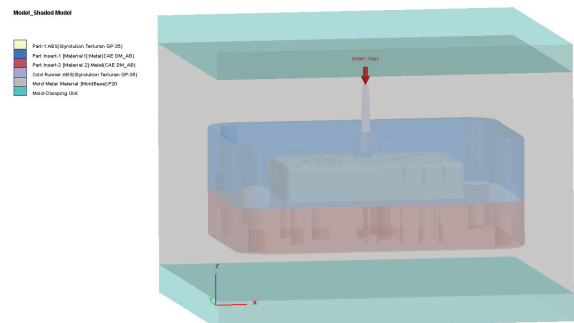


図5 Moldex3Dで作成したBLMモデル

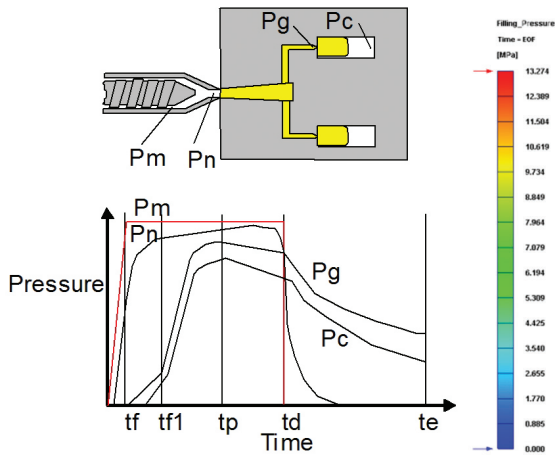


図6-射出成形時の圧力が異なる場所での様子



成形条件データは以下の通りです。

部品材料 ABS Terluran GP-35

3DPIM材料 Digital ABS

カスタマイズされた3DPIMの材料特性

装置型縮力 80 MPa 充填圧力: 20 MPa

充填時間 2.4秒 冷却時間: 70秒

保圧時間 2.5秒 型開き時間: 100秒

VP切替 98%

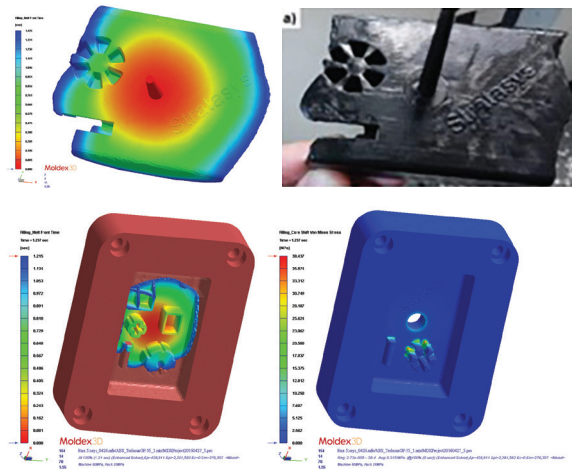


図7 - 流れの挙動は、タワー周辺の不均衡な流れを示し、それに対応するフォンミーゼス応力の結果を導く

結果

1.24秒のメルトフロントのシミュレーションと実際の成形のショートショットの比較(図7)は、Moldex3Dを使用して3DPIM内部の流動挙動を評価できることが可能であることを実証しています。タワーの根元には、タワーの周りの不均衡な流れによって高いフォンミーゼス応力がかかっており、より大きな応力が加わっていることを意味し、容易に破壊につながる可能性があります。実際の成形でも、同じ位置でタワーが折れていることがよくわかります(図8)。

シミュレーションした型温度分布と実際の成形の熱画像を比較すると、Moldex3Dの熱解析の精度がさらに実証されています。赤い部分は3DPIMの表面温度が上昇していることを示し、効率的な冷却が妨げられ、過度の熱応力が発生する可能性があります(図9)。

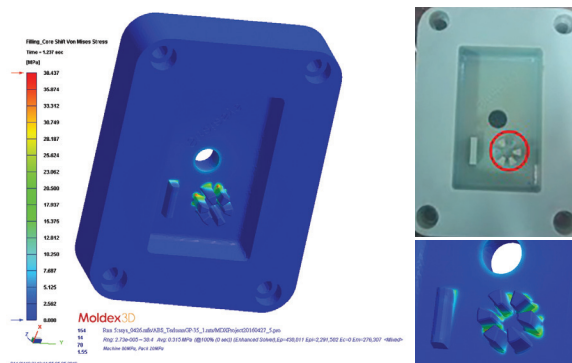


図8 - タワーは2つの根元で応力が大きくなっており、実部での破壊の原因となる可能性があることがわかる

樹脂材料と3Dプリンタによる 射出成型型 (3DPIM) の効果的な 設計検証ツールの実証実験

3DPIMは通常、冷却システムを持たないため、数回のショット後に型の温度が上昇します。Moldex3Dの非定常冷却解析機能により、ユーザーは複数の解析ランを作成し、一連のショット後の熱結果をシミュレーションすることができます。今回の解析では、前のショットの温度結果を参照することで、今回の解析では前のショットからの残留熱条件を考慮することができ、型の温度分布やショットごとの型の温度上昇の様子を可視化することができます(図10)。

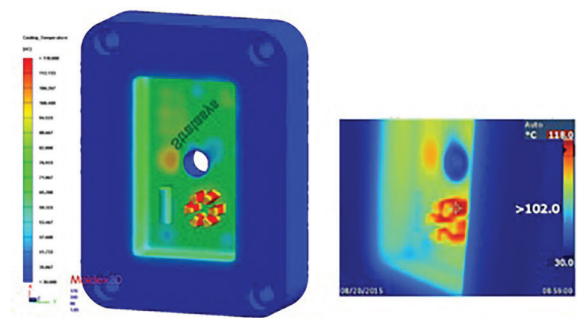


図9 冷却終了時の温度比較 (金型が開いたばかりの状態)

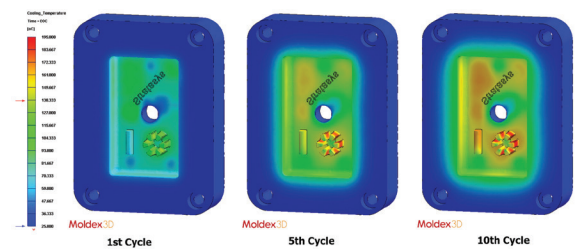


図10 1ショット目、5ショット目、10ショット目の温度比較と蓄積量

シミュレーション結果から、どのように設計を修正・改善することができるのでしょうか？

Moldex3Dは、3DPIMのフローフロント・アニメーション、型の温度変化と分布、応力集中の正確なシミュレーション結果を提供します。オリジナルのシミュレーション結果に基づいて、ユーザーは製品の成形条件、材料(可能な場合)、型および部品設計を再設計および最適化し、3DPIMを使用してプロトタイプ部品を効率的に生産することができます。例えば、ゲートの数や位置(複数可)を見直して、タワーにかかる応力を軽減することが可能です。

3DPIMユーザーが製品評価・開発を改善・最適化するために、「成形」「材料」「再設計」の3つの主要セクションから構成されています。

成形条件

目標

充填量	滑らかな充填を実現するための流量プロファイルの決定
温度	充填を容易にし、残留応力を低減するために熔融温度を変更 最適化された流量プロファイルを実現 充填圧を下げる 型締め力を下げる

材料バリエーション

目標

熔融材料	材料の流動長能力によるゲートの数と位置 充填時間、充填時間、冷却時間、熔融温度、型温度は、材料によって異なる 部品の機械的特性を向上させるための繊維強化材料
金属/型インサート	熱伝導率と熱変換による放熱速度への影響
金属製スブルーブッシュ	弱点となる部分に金属製のインサートを使用することで、より高い剛性を確保

モデル再設計

目標

ゲートサイズ	充填・包装のバランスをとるため
ゲート位置	充填・充填時のトラブルを防止
ゲートタイプ	高い背圧に対抗するために十分な圧力を確保 収縮を補うため、より多くの熔融充填が必要な場合

3DPIMの再設計

3DPIMの再設計には、いくつかの方法があります。最も手っ取り早いのは、タワー機能を型に組み込んだ別体のインサートとして組み込むことです(図11)。タワーインサートの材質は、高硬度プラスチックやスチールでも良いですが、材料価格と型製作時間は、一体型成形よりも高くなります。

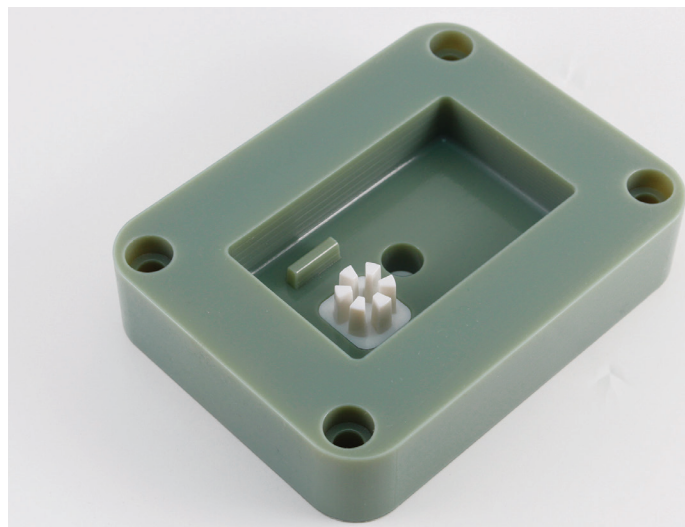


図11-タワーインサートの組み立て

樹脂材料と3Dプリンタによる 射出成型型 (3DPIM) の効果的な 設計検証ツールの実証実験

成形条件の変更

タワー・インサートアセンブリの欠点を考慮しつつ、成形条件を変更することは、破損の問題を解決するための良い選択となり得ます。

この場合、溶融温度が変更されています。元の溶融温度は220℃ですが、ABSテルルランGP-35の推奨範囲の提案に基づいて、別の2つの溶融温度、180℃と260℃が、充填段階でのフォンミーゼス応力を評価するために使用されています。

これら3つの温度での同じ充填段階から、溶融温度が高いほどタワー根元のフォンミーゼス応力が小さくなる可能性があります。260℃を用いた場合、フォンミーゼス応力は 17.66 MPaと半分以下になりました(図12)。したがって、溶融温度の上昇が、タワー破損問題の解決に役立ち、3DPIMはより多くの射出成形に使用することができます。しかし、溶融温度が高いため、部品と型を冷却するために多くの時間を費やす必要があります。

成形条件を考慮し、樹脂による型の利点を生かした使い方をすることで、より最適化へつなげていくことが可能です。

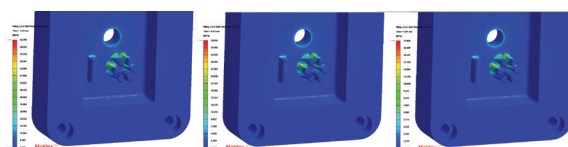


図12 - フォンミーゼス応力の3つの溶融温度での比較

溶解温度 (°C)	フォンミーゼス応力 (MPa)
180	89.71
220	36.95
260	17.66

TAG - Technical Application Guide [1]については株式会社ストラタシス・ジャパンまでお問合せください。(info.jp@stratasys.com)

株式会社 ストラタシス・ジャパン
東京本社 / ショールーム

〒104-0033
東京都中央区新川1-16-3
住友不動産茅場町ビル 3F
TEL. 03-5542-0042
FAX. 03-5566-6360

[stratasys.com](https://www.stratasys.com)
ISO 9001:2015 認証取得済

大阪支店 / ショールーム

〒540-6319
大阪府大阪市中央区城見1-3-7
松下IMPビル 19F
TEL. 06-6943-7090
FAX. 06-6943-7091

お問い合わせ

<https://www.stratasys.co.jp/contact-us>

