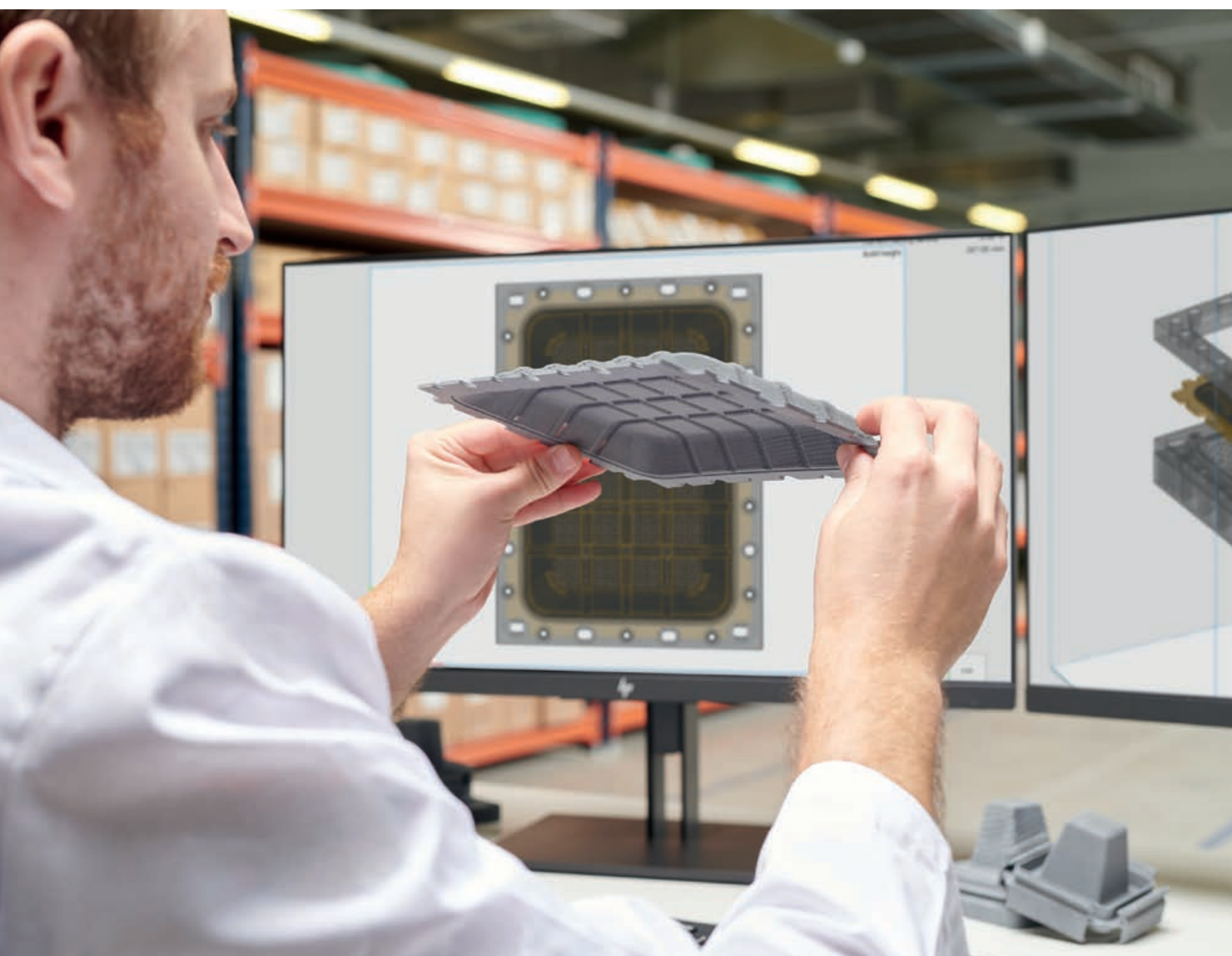


ホワイトペーパー

HP パルプモールド・アドバン ストツールリング・ソリューション



梱包材市場のミクロトレンド

梱包材市場は、サステナビリティの観点から、発泡体/プラスチックからパルプモールド（成形パルプとも呼ばれています）の梱包に移行しており、環境配慮型梱包材（発泡体ではなく紙で製造した梱包）がこのセグメントの成長を後押ししています。

パルプモールド梱包材市場は、世界で80億ドルの市場規模に達しています。また、持続可能で環境に優しいパッケージングソリューションに対する消費者の需要の高まりと、テイクアウト食品やEコマースの増加によって、梱包材市場で最も急速に成長しているセグメントになっています。¹

梱包材における地理的に最も大きな市場は、中国、香港、台湾をはじめとするアジア太平洋諸国（APAC）です。この地域は最も高い成長率を誇り、2024年までに世界最大の市場になると予測されています。この成長を支えているのは、使い捨ての梱包材の重要性が高まっていること²と、これらの地域における金型の製造コストの低さに起因しています。

現在、成形パルプ製品を使用する主要なセグメントは、食品および飲料と電子機器（特に、携帯電話や周辺機器、コンピューター、プリンター、モデム、トリマー、プロジェクターなど）であり、これらは今後最も高い成長が維持されると予想されています。このセグメントの成長に寄与する要因として、利便性が高いこと、持続可能性に配慮していること、そして低コストであることなどが挙げられます。²

パルプモールドの製造

熱成形ツーリングのセグメントは、高品質のパルプモールド梱包材に対する消費者の需要の高まりと、継続的な熱成形梱包材の製造コスト削減の取り組みによって成長し続けており、その規模は、他のセグメントを上回ると予想されています。

オペレーションの継続的な改善によって梱包材の製造コストが下がり、参入障壁も下がります。

パルプモールド製品の大手メーカーの経営は垂直統合型ですが、その下で、さまざまな企業が細分化された形で関わっており、それらの大多数はアジアのローカル企業です。この業界の大手メーカーは、「競争上の優位性がある」という理由で機械加工とツーリングを大幅に内製化していますが、そのような企業以外では、設備や機械の提供に関して海外の専門メーカーに外注する傾向にあります。

パルプモールド製品は大部分がコモディティ化されており、同じタイプの製品の場合、製品間の差異はほとんどありません。そして、今のところ、カスタマイズされた時短工程での生産はコストが高く採算に合いません。こうした状況が、梱包材業界で多くの企業が企業独自のパルプモールド製品を製造しない理由となっています。

市場動向と課題

過去20年間、業界で大きな変化はなかったものの、パルプモールド製品メーカーは個別にオペレーションの改善と効率性の向上に努めていました。

型はオペレーションの効率に影響を与える重要な要素ですが、悩みの種にもなります。（計画的および計画外の）ダウンタイムの発生、型ツーリングの交換時間（機械の停止・始動）、不合格品（スクリーン（網目形状の型の一部）の摩耗による不良部品の発生）、メンテナンスを行う人員のトレーニング費用などなどの問題があるからです。

現在、パルプモールド製品メーカーは手作業でスクリーンを製造していますが、設計上の制約があるため、時間がかかり、実現可能なことも限られてしまいます。一部のメーカーでは、ロボットを使用してスクリーン製造プロセスの最適化を試みっていますが、ロボットのプログラミングには高度なスキルを持つ人員が必要であることから、人件費が従来より大きくかかってしまいます。

CNC加工によるツーリングサービスをアジアの低コストのサプライヤーに外注する場合、コスト面では改善が見込まれますが、従来より納期が長くなってしまおうというデメリットがあります。

他方、パルプモールド製品メーカーの中には、3Dプリンティングなどの新しい技術を用いてツーリングの生産効率向上を目指しているところもありますが、製造レベルの品質を実現する最適なソリューションがまだ存在していないことから、業界内で関心を持つ企業はあまり多くありません。

パルプモールドツーリングで3Dプリンティングの採用は限定的

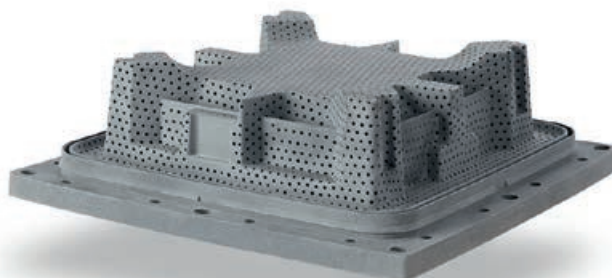
パルプモールド製品メーカーは、3Dプリンティング技術（主に熱溶融積層法: FDM）を用いて問題の解決を試みっていますが、これまでのところほとんど成功していません。パルプモールド業界で発生している主要な問題点を解決できる最適な3Dプリンティング技術が存在しなかったためです。そのせいで、「3Dプリントはプロトタイプング以外では役に立たないのではないか」という懐疑論も生まれています。

FDM製のツーリングは主にプロトタイプングに使用されており、多孔質材料の機械加工から仮型による鋳造などには他の技術が使用されます。しかし、これらは本番の生産には適しません。

型の問題点に対処する新しいソリューション

HPが市場調査した結果、既存の3Dプリンティング技術では次の2つの重要な目標を達成できなかったため、パルプモールド業界で量産型の製造が採用されていないことが明らかになりました。1つ目はスクリーンに関連する手間の削減やその他の問題の解決で、2つ目は、大量生産に耐えうる頑丈な型の実現です。これらの問題に対して、HPは従来とはまったく違うアプローチを追求することにしました。HP独自の3Dプリンティング機能を使用して、金網スクリーンをHP Multi Jet Fusion (MJF) の造形スクリーンに置き換え、数十年にわたって利用してきた型の構造を模倣するという解決策です。

デジタル設計とHPのMJFの性能を活用した結果、型としての機能が拡張され、パルプモールドの製造効率と製品性能が向上しましたが、これにより、パルプモールド製品業界に革新がもたらされました。たとえば、HP SmartScreensは、その形状を維持する1つのピースに造形されるため、金網スクリーンだと一般的に見られる継ぎ目やしわが部品にありません。また、従来の型よりも部品の品質向上が期待できるデックル、ブロックアウト、部品のマーキングといった機能や、機械内でスクリーンの交換が可能になり、生産のダウンタイムを短縮できるスナップフィット・ホールドダウンなどの機能も備えています。さらに、手作業および労働集約型の作業を強いられる従来の型を使用すると、型によってパフォーマンスのばらつきが見られますが、HPの3Dプリンティングツールは品質に一貫性があり、ばらつきは発生しません。また、HPパルプモールド・アドバンスドツーリング・ソリューションを導入することで、一般的な型の調達やメンテナンスにかかっていた時間が短縮され、メーカーは型の操作方法ではなく生産効率の向上に集中できるようになります。



高品質なパルプモールド製品の納期を短縮³

従来、型の製造プロセスは必然的に連続して行う必要がありました。まず、フォームをCNCで機械加工して、手動で穴を開けます。その後、スクリーンを手作業で切り取り、成形し、フォームに固定します。しかし、デジタルマニュファクチャリングのプロセスを採用したHPパルプモールド・アドバンスドツーリング・ソリューションでは、フォームとスクリーンが同時にプリンティングされるため、このような作業は不要となります。その結果、わずか2週間で量産可能な型を製造できます。⁴

成形パルプ部品を効率的に製造できるということは、スラリー中の繊維がスクリーンに吸引され（成形作業）、成形部品からの脱水作業が早くなり、繊維が型内に詰まらなくなることを意味します。これに不可欠なのは、水がスムーズに流れることと、その流路が横方向に流れることです。これにより、従来だと機械を停止させて内部の洗浄を行う必要のあった目詰まりの頻度が減少し、生産性が向上します。

HPの専門家チームは、HP独自のデジタル技術を活用し、スラリー中の最も重要な繊維を最大限に活用する流路を備えた型構造の設計を行います。これにより、効率的かつ高品質な部品生産が可能になります。

また、HPのセキュアなオンラインプラットフォーム上にデジタルツールの設計を保存できるため、効率をさらに向上させることができます。このプラットフォームは、知的財産をパスワードで保護することができ、暗号化したアクセス制御にも対応します。



OEEを向上させ、ダウンタイムを削減³

HPパルプモールド・アドバンスドツーリング・ソリューションは、(金属ツーリングの一般的な問題である)水中での腐食⁶や石灰化⁷の影響を受けないため、メーカーは時間のかかるメンテナンスの時間を短縮し、機械を連続して稼働させることができます。

HP 3D High Reusability ナイロンポリアミドで製造されたパルプモールド型を、4つの異なる溶媒(水道水、CaCO₃飽和溶液、硫酸アルミニウムカリウム 5% wt 溶液、およびイオン交換水)で5日間テストしましたが、腐食の視覚的兆候は見られませんでした。

また、石灰化の兆候をテストするために、補足的な研究も行いました。HP 3D High Reusability ナイロンポリアミドで製造された他のパルプモールド型を、3つの異なる溶媒(過飽和CaCO₃、水道水、およびイオン交換水)を使用して、周囲温度で17日間にわたってテストを行った結果、こちらも石灰化の視覚的兆候は見られませんでした⁷。

両方の研究は、パルプモールド製造施設で腐食または石灰化の影響を受けやすい代表的な環境条件下で実施されています。

HPのソリューションは、メンテナンス時間の削減だけでなく、スムーズな部品の離型や、部品がフォームツールに引っかかる原因となる引っかかりの減少、フローツールの強化によるダウンタイムの削減により、オペレーション効率の向上も期待できます。部品の引っかかりは、繊維が継ぎ目、断線、およびスクリーンとデッケルリングまたはブロックアウトの間の界面スペースに引っ掛かったときに発生しますが、HP SmartScreensには継ぎ目がなく、一般的に問題となるデッケルリングやブロックアウトなどの機能を統合していることから、その問題の発生率が低くなっています。そのため、従来の型とは異なり、繊維の蓄積を溶解するための薬浴が実質的に不要となります。

従来の型では定期的な機器のメンテナンスが必要ですが、そのほとんどはスクリーンに関連したものです。HPパルプモールド・アドバンスドツーリング・ソリューションで作成されたスクリーンの場合、メンテナンスが実質的に不要となるため、メンテナンスを行う人員に対するトレーニングも不要になります。加えて、HP SmartScreensを交換する必要がある場合でも(たとえば、生産時に顧客のロゴを挿入することで、より付加価値の高いカスタム生産を迅速に行いたい場合)、装置からツールを取り外すことなく、数分で交換が可能です⁸。これは、スクリーンが形状を保持し、上から下に組み立てられ、統合されたスナップを用いてフォームツールにしっかりと保持されているためです。対照的に、従来の型でスクリーンを交換する場合、型全体を機械から取り外し、スクリーンの製造技術に関して熟練した作業員が機械を分解して再組み立てする必要があります。この作業には数日かかる場合があるため、HPのテクノロジーが従来の型と比較していかに革新的であるのかがわかります。

HPパルプモールド・アドバンスドツーリング・ソリューションによるオペレーションの効率向上に伴うメリットは、他にも存在します。まず、従来の型を取り外す場合、スクリーンのメンテナンスに伴って発生する生産遅延を回避するために安全在庫をある程度用意する必要がありますが、この数を減らすことができます。また、HP Hot Swap SmartScreensを使用すると、型のスクリーンに接続するためのハードウェアが必要なくなるため、標準のSmartScreensよりもさらに高速に交換できるようになります。さらに、HPパルプモールド・アドバンスドツーリング・ソリューションの型は軽量のプラスチックを用いていることから、製造する製品を切り替える際のスクリーンの交換作業が従来よりはるかに楽になります⁹。くわえて、HPのエンジニアリングチームと設計仕様を完成させてから生産準備が整った型を最短2週間で納品できるため、顧客のニーズに対して柔軟に余裕を持って対応することが可能となります。⁴



繊維の保持率を高めて生産性を向上

独立した調査およびテスト会社であるInnofibreにより、HPのソリューションを使用した場合と従来の型を使用した場合の生産性を多変量テストで比較しました。その際、テスト条件として45°Cで濃度0.8%の再生新聞用紙パルプを生産回転レシプロ機で使用しています。テスト条件の振り幅としては、型自体（HP MJFと50メッシュ）以外に、真空強度、成形時間、および排水時間を使用しました。そしてテスト後、乾燥した製品の重量、排水後の含水率、および10%変形した状態での圧縮耐性（パルプ化された部品の強度を測定するため）が得られました。

結果は、HPの型に対して非常に肯定的なものでした。全体的にパフォーマンスと繊維の保持率が向上し、とりわけパルプ部品の機械的特性の最も重要な部分で大幅な向上が示されました。この調査結果は、HPパルプモールド・アドバンスドツーリング・ソリューションを使用することで、柔軟性が上がり、使用する繊維の大幅なプロセス効率の向上とコスト削減、および乾燥プロセスに関連するサイクルタイムの短縮とエネルギー消費の向上を実現できることを示しています。このソリューションは、次のようなさまざまなプロセスにも最適化されています。

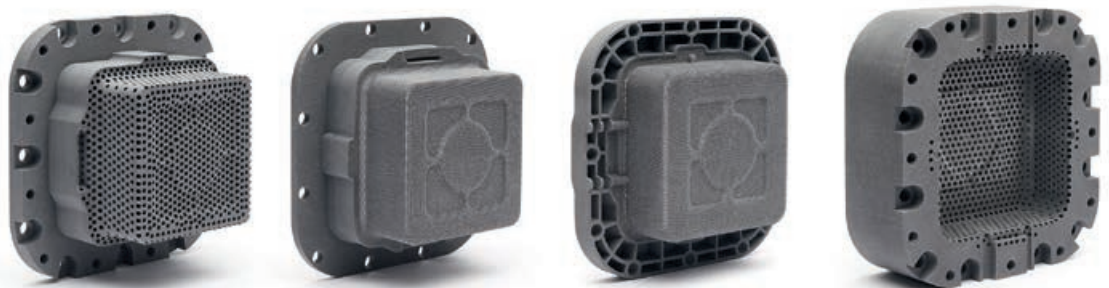
- プロセス効率: HPの型は、使用する材料を15%減少させ（9.72g）、部品あたりの乾燥水を15%減少させ（29.2g）、サイクルタイムを10秒以上短縮（成形時間: 8.25秒 + 排水時間: 2.5秒）させた一方で、パルプ化された部分と同じ圧縮強度を実現。
- 部品強度: 製品強度を10%以上を向上させ、サイクルタイムを2.6秒短縮し（成形時間が3.26秒短くなり、排水時間が0.6秒長くなる）、製品内の水分が1.6%増えた（14.1g）一方で、60gのものと同じ乾燥重量を実現。

HPアドバンスドProトランスファーツールによる生産性のさらなる向上

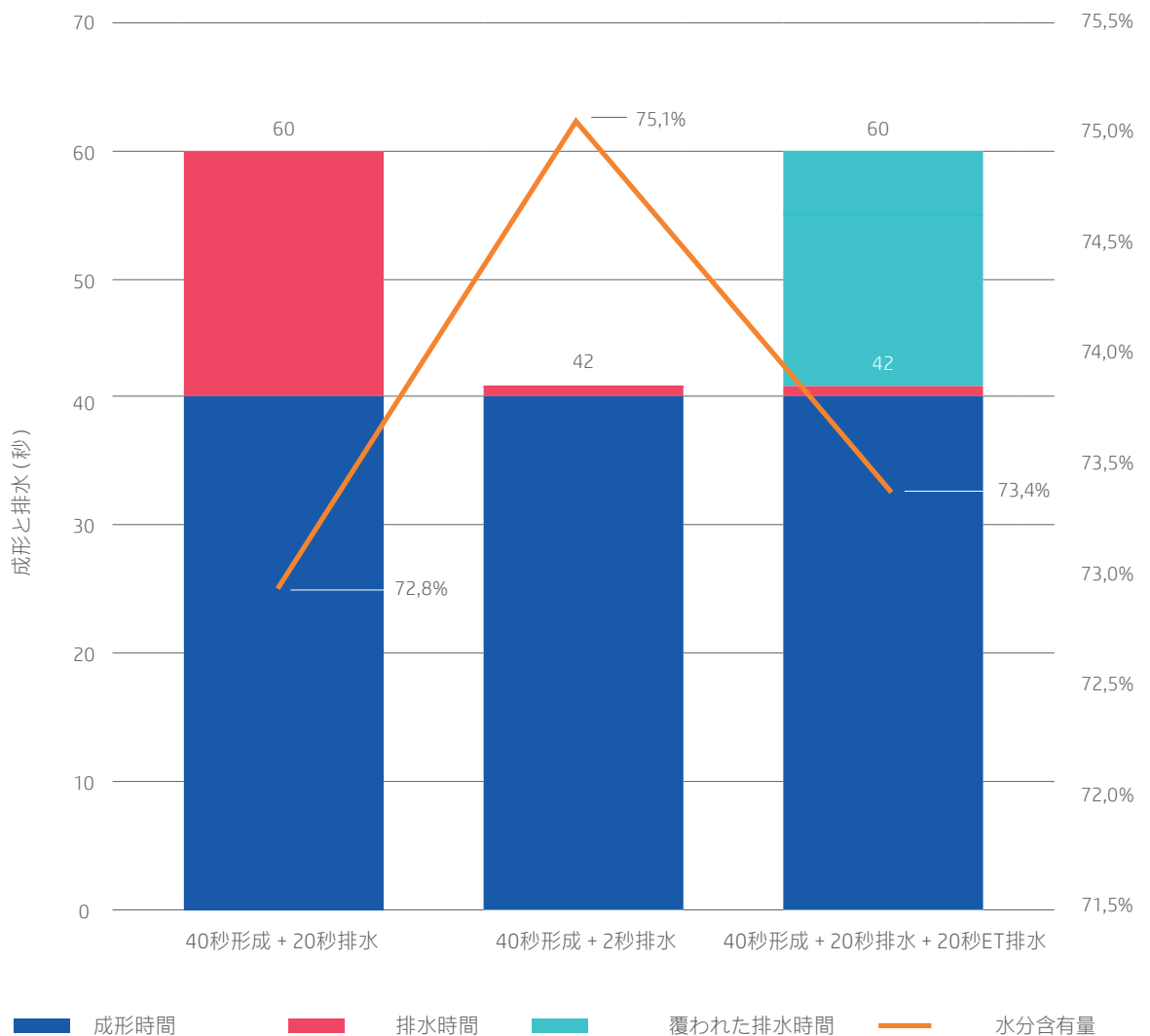
HPアドバンスドProトランスファーツールを使用すると、成形繊維メーカーの生産性はさらに向上します。フォームツールと同じ方法で、トランスファーボディにさらに多くの穴を開け、HP MJF製のスクリーンで覆うことにより、Type II パルプモールド部品のトランスファー側で、追加の圧縮なしで同等の仕上げを得られ、抜き勾配角度の小さな部品を製造できます。これらの機能は、OEMブランドに特に適しています。トランスファー側の部品にマーキングできることから、大きな差別化を実現できるためです。

また、HPアドバンスドProトランスファーツールは、脱水行程がより優れており、成形時間を短縮したり、ウェットプロセスを終了時の部品の含水率を低減したりすることで、OEEの改善が確実に見込めることから、生産性を向上させたいメーカーにも最適です。このため、45°CでBCTMPパルプ（濃度0.3%）を使用して、40秒の一定の成形時間で、アドバンスドPro トランスファーの有無にかかわらず排水時間（および真空強度）を可変させた実験を行いました。その結果として、排水後のサイクルタイムと含水率が示されました（グラフを参照）。

従来のパルプモールドのプロセスでは、フォームツールの排水が最適な含水率に達するのを待ってから、次の部品を作るためにスラリーに戻す必要があるため、サイクルタイムの短縮には限界がありました。しかし、アドバンスドPro トランスファーツールの場合、トランスファーの強化により、フォームツールをスラリーに戻す際の遅延の大部分を完全に無くすか、その時間をカバーできます。この研究では、サイクルタイムが30%短縮（60秒から42秒）されたことを示しています。



水分含有量 vs. 排水



グラフ1: HP アドバンスドProトランスファーツールによる生産性の向上

経済的な時短工程で新しい収益源を開拓

従来の型では、コストの観点から、通常、50,000または100,000個以上の部品を生産する必要がありました。さらに、型のコストに加えて、新製品の開発コストも重要な要素となります（たとえば、包装材の設計と事業開発に費やす時間、型の組み立てと保守を行う人員に対するトレーニング費用、ロジスティクスにかかる固定費など）。新製品の設置にも時間がかかる場合がありますが、部品を数時間でパルプ化する場合、コストに見合わないことがあります。

しかし、HPパルプモールド・アドバンスドツーリング・ソリューションの場合、そのような作業のスピードや切り替えが容易になります。より付加価値の高い、カスタマイズされた製品を時短工程で生産し、利益を上げることができます。また、HPの安全なオンラインプラットフォーム（デジタルウェアハウス）⁵で、これまでになかった柔軟性とカスタマイズ性をもって型の設計と製造を行えるようになります。変化する顧客の要求に対して、同じ型構造で迅速な反復設計や変更を行ったり、HPアドバンスドProトランスファーツールそれをさらに強化したりできます。

当社のデジタルワークフローは、スクリーンの設計を、コモディティ製品から付加価値の高いブランド製品にすばやく簡単に変えることができます。エンボス加工されたブランドロゴ、モデル番号、トレーサビリティ情報、さらにはカスタムアートワークなど、迅速で費用対効果の高いカスタム機能を使用することで、顧客に付加価値を提供できます。このようなマーキングはパルプモールド部品の両面に施すことができ、エンボス加工またはデボス加工のどちらも可能です。



パルプモールド産業向けの生産ツーリングの再発明

HPパルプモールド・アドバンスドツーリング・ソリューションは、パルプモールド製品メーカー向けに、生産効率を高め設計の幅を広げるツールを提供します。HP独自のツールテクノロジーとエンジニアリングの専門知識を組み合わせることにより、リードタイムの短縮、メンテナンス時間の削減、カスタマイズされた時短工程で生産を実現し、収益性を高めることができます。

詳しくは hp.com/jp/MoldedFiberTooling をご覧ください

1. 参照: futuremarketinsights.com/reports/moulded-fibre-pulp-packaging-market
2. 参照: marketsandmarkets.com/Market-Reports/molded-pulp-packaging-market-36997090.html
3. 2020年6月現在の従来のCNC加工および手動でツーリングを製作するプロセスと比較。専門家のインタビューおよび公開された市場レポートのレビューを含むHP社内の分析およびテストに基づいています。CNC加工で製造した場合の平均製造リードタイムは4~6週間です。
4. HPが設計ファイル、詳細な仕様、ツール設計見積もりの承認、発注書の受領、最初の支払いの受領から、わずか2週間で出荷されます。出荷してから届くまでの時間は含みません。
5. パスワードで保護された知的財産と暗号化されたアクセス制御を提供するセキュアなオンラインプラットフォーム。
6. HP 3D High Reusability PA 11材料のポリアミドは、(金属工具の一般的な問題である)水による腐食が発生しません。2020年8月のHP社内で行ったテストに基づいています。HP 3D High Reusability PA 11材料で製造されたHPのツールを、異なる溶媒(イオン交換水、水道水、飽和状態のCaCO₃、および5wt%の硫酸アルミニウムカリウム)を使用して、50° C (122° F) で5日間テストしました。
7. HP 3D High Reusability PA 11材料のポリアミドは、(アルミニウム工具の一般的な問題である)水による石灰化の兆候を示しません。2020年11月に行われたHP社内のテストに基づいています。HP 3D High Reusability PA 11材料で製造されたHPのツールを、3つの異なる溶媒(イオン交換水、水道水、過飽和のCaCO₃)を使用して周囲温度で17日間テストした結果、石灰化や重量変化の視覚的兆候は見られませんでした。
8. HP Hot Swap SmartScreensは数秒で交換可能です。
9. 機械加工、穴あけ、または手作業によるスクリーニング製作は必要ありません。
10. 従来のCNC加工および手動でツーリングを製作するプロセスと比較。HPが委託し、2021年2月にInnofibreが実施したテストに基づいています。

© Copyright 2021 HP Development Company, L.P.

本書に含まれる情報は、情報提供のみを目的として提供されています。HP 3Dプリンターソリューションの販売に適用される唯一の契約条件は、書面による販売契約に記載されているものです。HP製品およびサービスに対する保証は、当該製品およびサービスに付属の保証規定に記載されているものに限定されます。本書のいかなる内容も、当該保証に新たに保証またはさらなる拘束力のある契約条件を追加するものではありません。本書の内容については万全を期しておりますが、本書中の技術的または編集上の誤りや記載漏れに対する責任は負いかねますのでご了承ください。

4AA7-7869JPN, April 2021
202110

