

ホットスタンプ製品の金型意匠面加工技術確立

杉浦智哉^{*1}, 高木諭司^{*1}, 村瀬太基^{*1}

Establishment of Mold Design Surface Processing Technology for Hot Stamp Products

Tomoya Sugiura^{*1}, Satoshi Takagi^{*1}, Taiki Murase^{*1}

1. はじめに

BEV化の進展に伴い、シームレスな意匠(図-1)の需要が増加している。これを受け、従来の加飾技術に比べてCO₂排出量の70%低減が見込まれる(図-2)。ホットスタンプ工法を活用した加飾製品の市場ニーズがグローバルで高まっている。



図-1 シームレスな意匠例

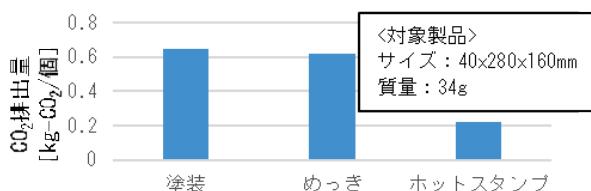


図-2 加飾別CO₂排出量（スコープ1, 2, 3）

ホットスタンプ工法は、射出成形した基材と薄い箔を熱と圧力で溶融させて接着する工法である(図-3)。

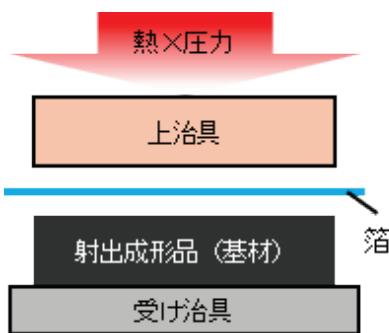


図-3 ホットスタンプ工法概要

ホットスタンプ工法は、プレスの条件や治具の温度管理・加工精度や基材の品質がホットスタンプ製品の品質に大きく影響を与える。

治具の温度管理については、金型設計で従来から実施している熱収支計算を活用し、HS治具の温調仕様を確立した。

治具の加工精度については、テスト加工を繰り返し加工条件や精度保証方法を標準化した。

基材の品質については、一般的な樹脂製品と比べホットスタンプ裏面の形状にも高い精度が求められ。さらに、基材のホットスタンプ面には形状精度だけでなく、箔表面の光沢性を維持しつつ、基材と箔の間のエラーを排出し、箔の密着性を確保する品質が要求されている。

今回、上記を満足し、グローバル生産拠点で維持管理が容易な金型意匠面加工技術を確立した。本稿では、その事例について紹介する。

2. ホットスタンプ工法の問題点と課題

ホットスタンプ工法では、基材と箔を接着する際、基材と箔の間のエラーが排出されず、エアパック不良が発生する。その対策として、基材のホットスタンプ面に凹凸を形成することで、エラーを排出させる方法が有効である。しかし、基材表面の凹凸が大きい場合、その凹凸がホットスタンプ表面に転写され、光沢性が失われる凹凸不良が発生する(図-4)。

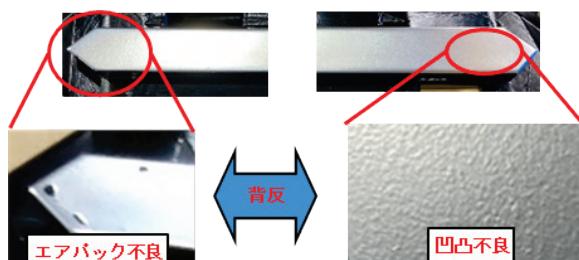


図-4 エアパック不良と凹凸不良

^{*1} モールド事業統括部 金型技術室

この背反する課題解決のため、箔の密着性を確保する基材の凹凸形状（面粗度）を調査し、最適な金型面粗度を定義した。その要求面粗度を確保するため、SQC手法を用いて効率的に金型加工技術の確立を進めた。

3. 金型意匠面加工技術の確立

3-1. 工法の選定

一般的な金型加工法を洗い出し、加工法ごとの面粗度範囲を調査した。要求品質を満足できる加工法はブラスト加工とミガキ加工であることが分かった。グローバルで安定した品質が確保できる工法（材料・技術・設備）という観点から、ブラスト加工を採用した（図-5）。

加工法	□ 狹い値	面粗度				
		滑らか				粗い
切削加工						
放電加工						
エッジング加工						
ブラスト加工						
ミガキ加工						

図-5 加工法ごとの面粗度範囲

3-2. 因子の抽出

ブラスト加工は、タンクに溜まったブラスト材をエアーによってノズルから噴射させ、被加工材に衝突させることで凹凸を施す加工である。

ブラスト加工で金型の面粗度に寄与する因子から、制御可能なものとしてブラスト材の粒度・エアーの圧力・噴射時間・ノズルの角度・距離・金型材の硬度・ミガキ番手の7因子を抽出した（図-6）。

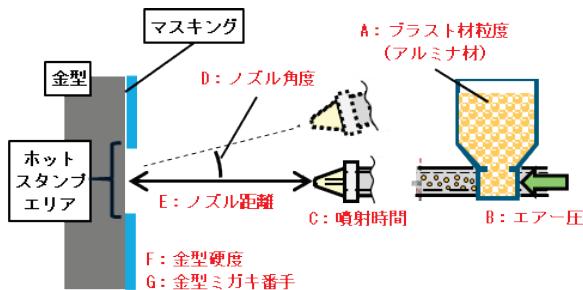


図-6 ブラスト加工概要と因子

3-3. 加工条件の予測

プラケットバーマン計画を活用し、7因子2水準（表-1）を12回の試験で主効果を確認した。目的変数は金型面粗度、金型材は平板形状とした。面粗度の測定は、量産性を考慮し非接触式の粗さ測定器を採用した。

水準幅の上下限は、製品の要求品質・各因子の規格の有無・工場の設備容量等を考慮し決定した。

表-1 因子と水準

制御因子		水準	
因子名	単位	上限	下限
A ブラスト材粒度	#	#1	#2
B エアー圧	kgf/cm ²	P1	P2
C 噴射時間	sec	S1	S2
D ノズル角度	deg	θ1	θ2
E ノズル距離	mm	L1	L2
F 金型硬度	HRC	H1	H2
G 金型ミガキ番手	#	#'1	#'2

試験結果（表-2）から各因子の分散比（図-7）を求め、7因子から3因子（A, B, C）に絞り込んだ。ブラスト材粒度は他因子に比べ分散比が大きく、寄与度が大きいことが分かった。調整因子としてエアー圧・金型ミガキ番手を選定した。

表-2 プラケットバーマン計画の水準と結果

No.	因子							特性値
	A	B	C	D	E	F	G	
1	#1	P1	S1	θ1	L1	H1	#'1	16.3
2	#1	P2	S1	θ2	L2	H1	#'2	32.3
3	#2	P2	S2	θ1	L1	H1	#'2	85.3
4	#1	P1	S1	θ2	L1	H2	#'2	20.6
5	#1	P2	S2	θ2	L2	H1	#'1	34.6
6	#1	P2	S2	θ1	L1	H2	#'2	29.3
7	#2	P2	S1	θ2	L1	H2	#'1	101.2
8	#2	P1	S2	θ2	L1	H1	#'1	78.2
9	#2	P1	S2	θ2	L2	H2	#'2	81.9
10	#1	P1	S2	θ1	L2	H2	#'1	23.2
11	#2	P2	S1	θ1	L2	H2	#'1	89.6
12	#2	P1	S1	θ1	L2	H1	#'2	76.6

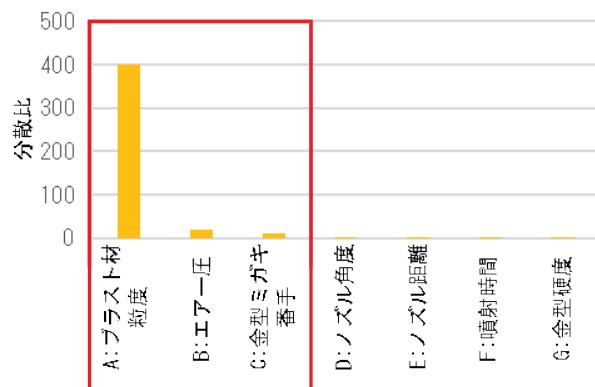


図-7 各因子の分散比

中心複合計画を活用し、3因子3水準（表-3）を17回の試験をした。

表-3 中心複合計画の因子と水準

制御因子		水準		
因子名	単位	角点(-1)	中心点	角点(+1)
① プラスト材粒度	#	#a-1	#a	#a+1
② エアー圧	kgf/cm ²	Pa-1	Pa	Pa+1
③ 金型ミガキ番号	#	#b-1	#b	#b+1

3-4. 検証・条件予測

試験結果に対して、応答局面解析を実施し、その結果が技術的に妥当と判断した。また得られたモデル式は、寄与率0.8以上であり、統計的にも妥当であることを確認した。

構築したモデル式を活用し、金型面粗度が狙いの範囲内となる実現可能な最適水準を予測した。

4. 結果

上記の最適条件で加工した結果、面粗度が狙いの要求範囲内だった。また、その金型で成形した基材をホットスタンプしたところ、エアパック・凹凸不良は発生せず、安定して良品を得ることができた。

5. おわりに

プラスト加工の最適条件を定義することで、グローバル生産拠点で維持管理が容易な金型意匠面の加工技術を確立した。

今後はホットスタンプ工法の更なる開発を行い、製品形状の要件緩和（浮島高さ制限や製品キャンバー角度など）をして、ホットスタンプ製品を多くのユーザー様にお届けするとともに、CO₂削減にも貢献できると考える。

最後に、本技術を確立させるにあたり、ご協力いただいた社内外関係者の皆様に厚く謝意を表します。

著　者



杉浦智哉



高木諭司



村瀬太基