

インサート成形の生産性向上のための高機能金型に関する研究(第2報)

— 射出成形インサートの接合強度シミュレーション —

坂東 直行 山田 俊郎 久富 茂樹 浅井 博次

A study on a smart mold for insert injection molding (2nd Report)

- Simulation of joint strength of injection molded insert -

Naoyuki BANDO Toshio YAMADA Shigeki KUDOMI Hirotsugu ASAI

あらまし 本研究では、異種材料接合強度の評価をシミュレーションで実施した。本報ではネジインサートを題材に、螺旋形状と楔形状を有する形状で特徴を比較した。その結果、変位量を小さくするには、インサートの体積を大きくすることが有効であり、インサート固定が壊れにくくするためには、突起部の稜線長が長くなるよう、形状を工夫することが有効であるとわかった。

キーワード 数値解析, シミュレーション, 射出成形, インサート

1. はじめに

省エネルギー志向の高まりから、輸送機械を中心に、従来の金属材料からプラスチック材料への転換が進められている。プラスチックは金属と比較して軽量ではあるが強度が弱いので、全体的にはプラスチックを使うが強度が必要となる部分には金属を使うなど、あるひとつの部品の中で適用箇所ごとに材料を使い分けることで部品の機能維持が図られている。また、部品は組み立て作業を省くため、一体物であることが望ましく、こうした傾向から金属・プラスチック間の接合技術には高い関心が寄せられている。プラスチックと金属の接合強度は接合界面の性状や接合部の形状によって決まる。この内、接合部の形状は容易にコントロールできることから、強度向上には有効な手段である。また、こうした接合部の形状による接合強度向上のアプローチでは、トライ&エラーがローコストで実施できるシミュレーションが有効であると考えられる。

そこで本研究では、異種材料接合強度の評価をシミュレーションで実施した。本報では、インサート射出成形を題材にケーススタディを行ったので報告する。

2. 解析モデル

本報では、図1に示すネジインサートを取り上げる。図1(a)は、プラスチックの成形とインサートの固定を射出成形プロセスで一度にできるよう、ネジ穴底面が閉じたものである。インサートの外周には螺旋状の突起があり、ねじれ方向の異なる帯を3つ形成している。以下で

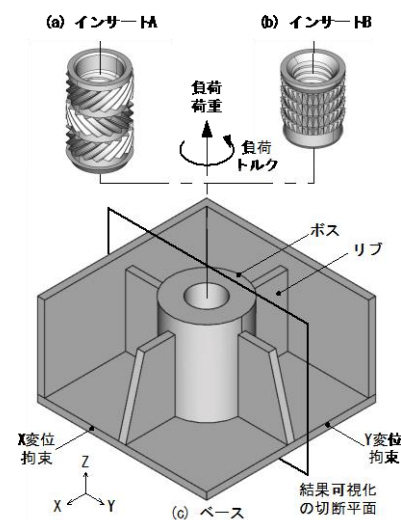


図1 解析モデル

は、これをインサートA^[1]と呼ぶ。図1(b)は、ネジ穴が貫通しており、温めたインサートをプラスチックに押し当てて固定する圧入プロセスに対応したものである。インサートの外周には楔形状の突起があり、帯を4つ形成している。以下では、これをインサートB^[2]と呼ぶ。図1(c)は、インサートを保持するボスと、ボスの直立を支えるリブがあるプラスチックケースの角を想定したフレームである。プラスチックケースの角を直交する2つの垂直平面で切断した形状であり、切断面は図中のXZ平面とYZ平面になる。以下では、これをベースと呼ぶ。

インサートの形状が、インサート固定の強度にどのように寄与しているかは不明である。そこで、ベースにインサートAが固定されたモデルとベースにインサートBが固定されたモデルで、形状と強度の特徴を比較評価す

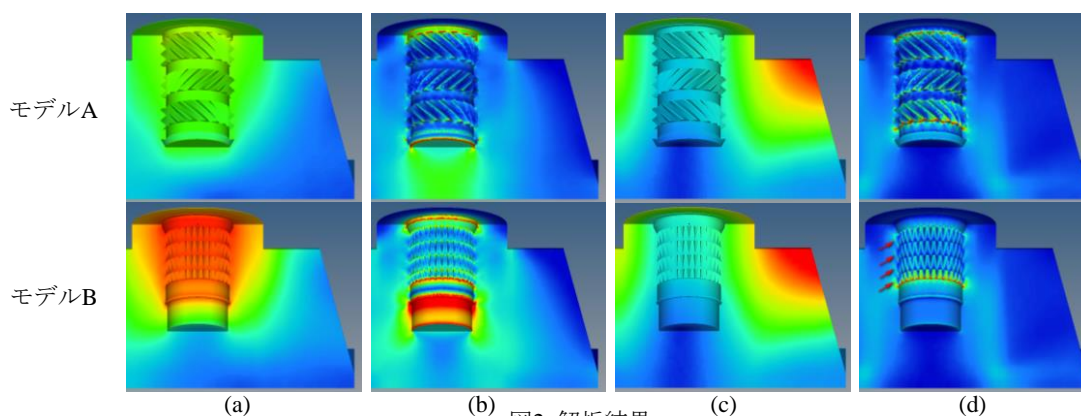


図2 解析結果

ることとした。以下では、前者をモデルA、後者をモデルBと呼ぶ。なお、モデルAではインサートの底面とボス穴底面は接触しているが、モデルBではインサート底面とボス穴底面の間に隙間がある構造となる。

シミュレーションモデルの構築にあたって、モデルを簡単にするため、次のような仮定を設けた。まず、インサートとベースは接着しておらず、接触による保持のみが作用していると仮定した。また、接触面には摩擦力はないと仮定した。加えて、射出成形や圧入で生じる残留応力は考慮しないこととした。以上の仮定から、ベースにはインサートの形状に応じた窪みがあるものとし、ベースにインサートがはめられたモデルを解析した。

シミュレーションの境界条件としては、ベースの切断面と底面に対して、変位を拘束した。荷重条件としては、インサートの上面円周縁に、鉛直上向きに引き抜く荷重が作用した場合と、インサートの中心軸まわりに回転トルクが作用した場合の2パターンを設定した。なお、荷重値は30N、トルクは1N/mを与えた。材料特性としては、インサートには真鍮、ベースにはPCの物性を与えた。

3. 解析結果

結果を図2に示す。なおここでは、リブの中立面を切断平面とし、ベースのみを描画対象とした可視化結果を示している。また、比較を容易にするためモデルAとモデルBで色分布のフルスケールを同一にしている。図2(a)は、引き抜き荷重を与えた場合の変位量を、図2(b)は相当応力を表す。変位はボス穴上端で最大となり、モデルBのほうがモデルAよりも48%大きかった。相当応力はインサートの底面と上面の円周縁で高くなり、最大値はモデルAとモデルBでほぼ等しかった。図2(c)は、回転トルクを与えた場合の変位量を、図2(d)は相当応力を表す。変位は、図中右側のリブ先端で最大で、モデルBのほうがモデルAよりも10%大きかった。相当応力はインサート外周の突起部先端で高く、最大値は最も深い位置にある突起帯の縁であった。最大値はモデルAがモデルBの4.4倍だった。

4. 考察

同じ荷重とトルクを与えたモデルAとBで変位が異なった理由としては、ボス部に占めるインサートの体積の違いと考えられる。真鍮はPCより変形しにくい材料のため、ボス部に占めるインサートの量が多いモデルAが有利で、さらにモデルBはインサートとボス穴底面間に空間があることも不利に働いたと思われる。ここから、外力による変形を小さくするには、インサートを大きくすることが有効といえる。なお、インサート固定の壊れやすさに関しては、回転トルクを与えた場合の相当応力が大きいことから、モデルAが不利といえる。図2(d)をみると、モデルBでは高い応力が集中している突起帯の縁以外に、インサート外周の突起先端部にも応力が分布していることがわかる(図中矢印)。螺旋形状よりも楔形状のほうが突起先端部の稜線長が長いことから、楔形状では荷重を稜線状に分布させたときの局所的な荷重が小さくなり、比較有利であったと考えられる。

5. まとめ

ネジインサートを題材に、螺旋形状と楔形状を有する形状で特徴を比較した。その結果、変位量を小さくするには、インサートの体積を大きくすることが有効であり、インサート固定が壊れにくくするためには、突起部の稜線長が長くなるよう、形状を工夫することが有効であるとわかった。また、プラスチックと金属の接合であるインサート接合において、接合強度に寄与する形状パラメータが明らかになったことから、異種材料の接合強度の向上にシミュレーションが有効であることを示すことができた。

文 献

- [1] Fitsco Industries Ltd, "Mouldfit Range", GrabCAD, <https://grabcad.com>.
- [2] Fitsco Industries Ltd, "Multifit Range", GrabCAD, <https://grabcad.com>.