

審査の結果の要旨

氏名 加藤 千景

自動車用部材は、大型設備による大量集中生産を行うことで低コスト化を図り、輸出により各消費地に供給してきたが、近年は自動車の世界各地での現地生産が進み、部材の少量分散生産・現地生産へのシフトが進んでいる。少量の生産に大量集中生産方式を適用することは、加工機の償却費や中間在庫の増大を招き、CO₂排出量の観点からも好ましいとは言えない。世界各地での消費量に見合った少量分散生産を実現するためには、少量分散生産に適した加工機群を実現し、この設備を利用した高品位な製品の適量の生産を行う必要がある。同期一貫ラインは、鋳造・鍛造・射出成形、切削、表面処理といった全行程のサイクルタイムを同期し、中間在庫を最小化した少量分散生産に適した生産方式である。部材の素形材加工である鋳造、鍛造、射出成形は金型を利用し、大型設備による大量集中生産に適した加工であり、高品位な製品を高い生産性で安価に製造している。このことから、元来素形材加工は少量分散生産には適さないともいえるが、しかし、少量分散生産方式を実現し同期一貫ラインを構築するためには、素形材加工である鋳造、鍛造、射出成形において小型設備を利用しつつ、高品質の製品の低コストでの製造を可能とせねばならない。

素形材加工である鋳造、鍛造、射出成形は、部品寸法をそのままに設備を小型化し、品質を損なわない製品を実現することは困難である。その最大の問題は、設備を小型化することで、「製品品質の劣化」に直結する、加圧力の減少を招くことにある。低い加圧力で高品位な製品の製造が可能であるプロセス条件は存在しないか、存在した場合でも、大型設備による大量集中と比較して非常に狭い。この狭いプロセス条件(プロセスウィンドウ)を探索するためにはCAEは有効な手段である。本論文では、製品の品質劣化を抑制しつつ小型加工機による素形材加工を実現するためのCAEと、CAEによるプロセスウィンドウの決定法について、「樹脂成形」「鋳造」「鍛造」の3つの素形材加工を対象に論じている。

第1章は序論であり、同期一貫ラインを構築し少量分散生産を実現するために素形材加工に課せられた課題についてまとめ、この課題を克服するために

CAE に期待される役割について論じた。また、素形材 CAE の現状と基礎式についてまとめた。先に述べた通り、小型加工機群では、大型設備で超高压のもとで造形し大量集中生産を行うといった素形材加工の特徴を発揮することができず、逆に、低圧力での高品質な製品の造形を可能とする必要がある。ところが、小型加工機による樹脂射出成形は型締め力が低下するためバリが発生し寸法精度が悪化し、鋳造の溶湯圧力を減ずれば鋳造欠陥が増加し、揺動鍛造は小さな加圧力で済むため設備は小型化できるが制御が難しい不均一塑性変形が顕在化し、いずれも製品品質を損なう結果をもたらす。これらの品質課題を解決するために、CAE による解析と適切な閾値とを組み合わせ、プロセスウィンドウを定める方法と結果について第 2 章以後で論じた。第 2 章では射出成形について、型締め力を開放するタイミングを決定するための CAE について論じた。製品品質を損なわない表面凝固層（スキン層）の厚さを閾値に CAE を組み合わせてプロセスウィンドウを定める方法を提案し、提案した手法の有効性を示した。第 3 章ではダイカスト成形を取り上げ、小型設備で問題となる製品の鋳造欠陥を減らすための部分加圧のタイミングと押し込み量を CAE で定める方法を提案し、実験と比較することで有効性を論じた。第 4 章では、鍛造荷重を大幅に減少させるための部分加圧による鍛造（揺動鍛造）を取り上げ、1 回転当たりの圧縮量が製品形状に及ぼす影響と内部圧縮応力との関係を解明し、揺動鍛造により変形形状を制御するため指針を示した。第 5 章では、小型加工機群での素形材加工への、流れ・力・温度を正確に反映したに CAE が、低圧加工であっても製品品質を損なわない素形材加工のためのプロセスウィンドウの決定に有益であることを総括し、今後 CAE が素形材加工、小型加工機群での加工に果たしていく役割をまとめた。

本論文では、素形材加工の小型加工機による低圧加工であっても、CAE と適切な閾値を組み合わせることで製品品質を損なわないプロセスウィンドウを見出すことができることを、事例をもって示したことで工業的な価値が高く、すでに国内外の多数の同期一貫ラインへの適用が行われている。また得られた研究成果は既に国内外の学会誌に公表されており、CAE によるプロセスウィンドウを決定するための指針や方法論は、個々の素形材加工に適用が可能で工学的価値も十分である。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。