



学位論文審査結果の要旨

博士（工学）申請者 當摩 栄路

審査委員

主査 教授 見山 克己
副査 教授 竹澤 聡
副査 教授 堀内 寿晃
副査 教授 齋藤 繁

材料加工時の熱エネルギー変換に着目した「機能性評価法」と
「パターン認識 MTS 法」による生産工程設計・開発に関する研究

本論文では、材料加工技術分野の様々な課題に対して、従来の品質工学手法に新たな方法を提案し、実践事例に適用して検証したものであり、全 6 章から構成されている。

第 1 章では、品質工学手法の概要と適用プロセスを解説後、材料加工技術分野における熱エネルギー変換に着目した「理想機能関数の新たな線形的定義」による機能性評価法の提案及び実践事例での検証概要（第 2 章から第 4 章）と、品質検査分野におけるパターン認識 MTS 法への新たに“融合評価特性”と“閾値設定法”の適用（第 5 章）を提案し、それぞれの方法の有効性について述べている。

第 2 章では、溶接接合時に付加される溶込み熱エネルギーに着目した機能性評価による溶接加工プロセスの最適化に対する提案の検証事例として、自動車用 AT（オートマチックトランスミッション）部品製造工程を事例に取り上げている。本事例では、自動車部品の電子ビーム溶接加工プロセスの最適化に関して、溶接接合時に付加される溶込み熱エネルギーの影響による接合部の溶接深さを特性値とした理想機能を新たに設定し、それを間接的に評価することで、溶接強度の最適化に関する品質工学における機能性評価法（静スカラー特性）適用の有効性について検証した。検証成果として、溶接強度と寸法精度の最適化により溶接接合部の歪量が大幅に削減された事例について詳述している。

第 3 章では、樹脂流動に関わる溶融エネルギーに着目した機能性評価による樹脂成形加工プロセスの最適化を提案し、プラスチック部品射出成形加工プロセスを検証事例に取り上げた。本事例では、樹脂強度の最適化について、金型内の樹脂充填密度の管理機能（樹脂流動に関わる溶融エネルギーの入出力関係）に着目し、材料力学的な考察による“評価特性値である樹脂充填密度の安定化を理想機能とした機能性評価法（静スカラー特性）”を提案し、その有効性について検証している。検証成果として、樹脂射出成形品の強度の安定化には、管理機能である金型内の樹脂充填密度の均一化が重要であることを明らかにした。

第 4 章では、誘導加熱エネルギーの入出力の直線性に着目した機能性評価によるモータ部品生産プロセスの最適化に対する提案の検証事例として、汎用モータ部品（ロータ・シャフト）加工プロセスを事例に取り上げている。本事例では、従来工法に代わる汎用モータ用ロータ・シャフトの高周波誘導加熱による新たな焼嵌め工法を考案し、高周波誘導加熱エネルギーの入出力の直線性に着目し、“ロータ・シャフト挿入時のシャフト径と芯振れの入出力関係（線形的比例関係）を理想機能とした機能性評価法（動ベクトル特性）”の適用を提案している。入力信号を変えて出力の直線性を解析し、これを動特性のエネルギー比型 SN 比で評価することで、よりロバストネス（頑健性のある）な新たな工法の最適化に

関する有効性について検証している。検証成果として、誘導加熱エネルギーの直線性を理想機能とした「機能性評価（動ベクトル特性）」の適用による芯振れ量低減、高周波誘導加熱技術の採用による生産可動率向上、さらには、省人化とエネルギー損失の低減化による製造原価削減を同時に達成した事例を詳述している。

第5章では、品質検査分野において、高信頼性を確保し、高度な判定・判別を実行するパターン認識 MTS 法に“融合評価特性と閾値設定法”を新たに適用した方法による品質検査プロセスの最適化に対する提案の検証事例として、モーターファン部品の検査工程を事例に取り上げている。製造現場におけるモーターファンの品質検査は、検査員による官能検査法が主流であるが、この検査法では、ファンの微妙な放射音（音圧）や振動の違いを正確に診断するために、多くの経験を必要とし、検査員の体調や環境の変化によっては、正常/異常の判定にばらつきが発生する。これら「品質・生産性・コスト」に関わる技術課題の解決には、モーターファンの音圧・振動レベルを定量的かつ正確に判別診断できる解析法の開発が求められている。本事例では、品質工学手法の中で検査事象の正常/異常判定を行う「パターン認識 MTS（マハラノビス・タグチ・システム）法」を採用し、最適な情報を合理化するために、SN 比（ばらつきの尺度）を MD（マハラノビス距離）に融合した新たな“融合評価特性”と正常/異常判定の基準値である“閾値設定法”適用の有効性について検証した。検証成果として、波形パターン形状情報からの特徴量を解析する「パターン認識 MTS 法」が、一般的な特徴化解析法（周波数分析法など）に比べて判別分析精度の高いことが確認できた。さらには、検査工程を官能検査法から「パターン認識 MTS 法」を適用した自動化へ可能性の検証により、判別分析法の精度向上と検査工程の自動化、および検査員の省人化による製造原価削減の同時達成につなげた。

第6章では、本論文で提案した“品質評価・解析手法”を振り返り、総括と品質工学の今後の展望について論じている。本論文で述べた“品質評価・解析手法”は、実用上要求される「高品質（Q）」と「低コスト化（C）」と「高生産性（D）」の三大要素を同時に克服することが可能な手法であり、工業製品の品質評価を始め、様々な科学的分野に広く応用できると結論づけた。

以上要するに本論文は、材料加工プロセスにおいて、品質工学に基づいた新たな評価手法を導入することにより、製品品質に影響する因子およびその影響度合いを可視化することで優れた品質と高い生産性を実現する手法を提案するものであり、材料工学や加工工学に資するところ大である。

よって、著者は博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。