

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	レーザスペックルの解析に基づく精密加工面のオンマシン表面テクスチャ評価
Title(English)	
著者(和文)	清水一力
Author(English)	Motochika Shimizu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9860号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉岡 勇人,新野 秀憲,北條 春夫,初澤 毅,佐藤 千明
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9860号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

平成 26 年度 学位論文

レーザスペckルの解析に基づく 精密加工面のオンマシン表面テクスチャ評価

東京工業大学大学院 総合理工学研究科
メカノマイクロ工学専攻 吉岡・新野研究室
清水 一力

指導教員 吉岡 勇人 准教授
新野 秀憲 教授

近年、精密加工においてはナノメートルオーダーの形状精度が実現されており、今後はこのような形状創成に加えて加工面に微細な表面テクスチャを形成することでぬれ性、摩擦特性、光学特性などの機能を付与した機能表面の創成の重要性が増大していくと考えられる。しかし、従来の機械加工によって微細な表面テクスチャを得る場合、加工面の評価のために工作物を表面形状測定機に付け替える必要があり、製造効率が低下すると共にアライメント誤差が発生するという問題がある。これに対し、加工機上で表面テクスチャの評価を行うオンマシン表面テクスチャ評価は、表面評価に伴う工作物の移動を不要とすることにより高精度かつ高能率な表面テクスチャ創成を実現し得る。そこで本研究では、加工機上で精密加工面の表面テクスチャ評価を実現することを目的として、非破壊、高能率かつ多角的な表面テクスチャ評価法を提案し、さらに加工環境に起因する振動、熱、環境光などの外乱による測定誤差を抑制可能なオンマシン表面テクスチャ評価システムを構築した。

第 2 章では、物体表面の微細な凹凸によって拡散反射されたコヒーレント光が互いに干渉することで生じるレーザスペckルの性質を理論的に考察し、表面粗さがレーザスペckルの統計的パラメータに、表面テクスチャの周期性が回折光強度分布に、それぞれ影響することを示した。また、ラップ加工面、研削加工面、ならびに切削加工面における散乱光が形成したレーザスペckルを観察することにより表面テクスチャの特徴とレーザスペckルパターンを実験的に明らかにすると共に、表面粗さと周期性によってレーザスペckルパターンを分類した。さらに、レーザスペckルの統計的パラメータと算術平均粗さの関係を求め、これらに相関性が存在することを示すことにより、精密加工面の表面テクスチャ評価に対するレーザスペckルの適用可能性を示した。

第3章では、レーザスペckルの解析に基づく表面テクスチャ評価の具体的な方法としてレーザスペckルの特徴パラメータから精密加工面の表面テクスチャを定量的に推定する方法を提案すると共に、複数の特徴パラメータを用いて表面テクスチャの定性的特徴の評価を行う方法を示した。具体的には、レーザスペckルにおける光強度の確率密度分布および干渉光強度分布から評価対象領域全体の表面粗さ、任意方向の断面曲線における平均高さおよび平均長さ、ならびに周期的表面構造の一様性を推定可能なレーザスペckルの特徴パラメータを提案し、レーザ光の光源波長が特徴パラメータに与える影響を評価した。さらに、これらの特徴パラメータを用いることにより、表面粗さ分布や異方性など表面テクスチャの定性的特徴を評価する方法を提案すると共に、表面テクスチャの近似的な三次元表示を可能とした。これらにより、レーザスペckルの解析に基づく表面テクスチャの多角的評価を実現した。

第4章では、オンマシン表面テクスチャ評価における測定誤差の抑制を目的として、種々の測定誤差要因の影響を受けにくい表面テクスチャ評価システムの構造を提案した。具体的には、レーザスペckルを検出するための光学系を搭載したはりの両端を非接触かつ低剛性に支持することにより振動および熱の伝達を低減し、さらにアクティブ除振を行うことによって共振の発生を抑制することを提案した。続いて、これを実現する機構として非接触構造を有するアクティブ除振ユニットを製作し、その除振性能の評価を行った。その結果、提案する機構に基づくアクティブ除振ユニットは、設置面から入力される振動外乱の伝達を低減すると共に、除振ユニット上に入力された直動外乱に対しても共振抑制効果を発揮することを確認した。また、検出した環境光を用いてレーザスペckルの光強度を補正することにより外乱光の影響を低減する方法を示した。

第5章では、提案手法に基づき種々の外乱による測定誤差を抑制可能な表面テクスチャ評価システムを構築し、その性能評価を行った。まず、2基の非接触構造アクティブ除振ユニットにより両端を支持したはり上にレーザスペckル検出ユニットを搭載し、さらに走査ステージを設置した走査形表面テクスチャ評価システムを構築した。続いて、構築した表面テクスチャ評価システムを用いて表面テクスチャの二次元分布推定を行い、その結果から提案方法による表面テクスチャ推定が高い繰返し性を有することを確認した。また、振動外乱や環境光の存在する環境下においてレーザスペckルの検出を行うことにより、構築した評価システムが種々の外乱に対してロバスト性を有することを確認した。

以上により、非破壊、高能率かつ多角的なオンマシン表面テクスチャ評価システムを提案し、実際に構築したシステムを用いてその有用性を確認した。