

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, 学位の種類: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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	メカノマイクロ工学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	清水 一力		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	吉岡 勇人	
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	新野 秀憲	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

近年、精密加工においてはナノメートルオーダ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、在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¹の性質を理論的に考察し、表面粗さがレーザスペckル¹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¹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¹パターンとの関係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¹パターンを分類した。さらに、レーザスペckル¹の統計的パラメータと算術平均粗さの関係を求め、これらに間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¹の適用可能性を示した。

第 3 章では、レーザスペckル¹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¹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¹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¹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¹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¹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り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¹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にレーザスペckル¹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¹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。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	メカノマイクロ工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	清水 一力		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	吉岡 勇人	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	新野 秀憲	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Surface texture of precision machined parts may have a great influence on the product characteristics, such as friction, wear resistance, corrosion, fatigue, and wettability. Therefore, non-contact and efficient assessment of multiple aspects of nano or micro meter scale surface texture, such as surface roughness, periodicity, and anisotropy, is required. In addition, assessing the surface texture in the machining environment, which is called on-machine surface texture assessment, is preferable because it can avoid the long processing time and the alignment error. However, on-machine surface texture assessment requires isolating the assessment unit from disturbances existing in the machining environment, especially vibration. The principal purpose of this thesis is to present a multi-dimensional surface texture assessment method based on laser speckle pattern analysis and the disturbance isolation structure including an active vibration isolation unit to meet these demands.

From the observation results of laser speckle formed by precision machined surfaces, characteristic parameters of laser speckle pattern indicating surface texture properties were identified; i.e. the mean light intensity, the autocorrelation length of intensity distribution, and the similarity between adjacent speckle patterns. Furthermore, the distribution and the anisotropy of surface texture could be assessed by detecting the variation of the proposed characteristic parameters. Finally, based on the proposed method, the on-machine surface texture assessment system supported by the developed active vibration isolation units was constructed. The vibration isolation unit, which is also proposed in this study, has a non-contact structure and a high-response actuator to isolate and reduce the vibration transfer. In addition, the detected light intensity is compensated on the basis of the ambient light. The surface texture distribution assessed by the constructed system shows high repeatability and high robustness against vibration disturbance and ambient light. In consequence, the surface texture assessment system proposed can be effective for on-machine assessment of precision machined surfaces.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).