Osaka University Knowledge Archive

Title	A Proposal of Designable Space of Diaphragm Made of Thin Stainless Steel for Electrical Assemblies Considering Clicking Behavior and Fatigue Life
Author(s)	Li, Xingsheng
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26208
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

Form 3

Synopsis of Thesis

Title: A Proposal of Designable Space of Diaphragm Made of Thin Stainless Steel for Electrical Assemblies Considering Clicking Behavior and Fatigue Life

(クリック特性と疲労寿命を考慮した電子機構部品用薄板ステンレス製ダイヤフラムの設計可能領域の提案)

Name of Applicant XINGSHENG LI

Diaphragm made of stainless steel is used as a connecting part in many electric devices, which controls on/off of electronic signal supply. Diaphragm endures cyclic loading when it is pressed. The reliability of service of diaphragm is very important, although the proportion of the value of a single switch in the whole device is very small. As diaphragm is used to control the electric single supply, if it is broken down the electric device will not be able to work. Therefore, in designing diaphragm, high service reliability and low unit costing is required. There are two parameters in designing diaphragm: Click characteristics and fatigue life. As preferred click characteristics of diaphragm is different from person to person. Make diaphragms satisfy varies requirement is important. Making trial pieces based on experience is a common way for designing diaphragm with certain click characteristics and fatigue life, which is very time consuming and costly. Sometimes the required diaphragm is unrealistic that it takes much time to find making the diaphragm with current geometry or material is impossible. As a result, the design method that could provide the undesignable/designable area is needed. In this paper, a convenient approach for designing diaphragm considering both click characteristics and fatigue life is proposed. Firstly, numerical simulation is carried out according to the manufacturing process of making diaphragm and process of clicking diaphragm. According to the numerical results, the functional design space can be constructed based on the relationship of design parameter and click characteristics. When certain click characteristics are required, designable space can be obtained by comparing required click characteristics with design space. The designable space means the region of design parameters satisfied the required click. Secondly, the fatigue reliability of the diaphragm is estimated with the experimental results of fatigue tests and numerical results of stress history. The relationship between design parameter and fatigue reliability can be obtained, which is defined as design space of fatigue reliability. Finally, the designable space considering fatigue reliability can be obtained by combining designable space with design space of fatigue reliability. When click characteristics and fatigue reliability are required, the design parameter satisfy the requirement can be found by using design space of click characteristics, and by combining with fatigue reliability design space the most optimum diaphragm can be made by choosing the diaphragm corresponding to the smallest fatigue reliability, which is considered to be very helpful in designing diaphragm.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　Xingsheng Li　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	准教授	倉敷　哲生
	副 査	教授	笠井　秀明
	副 査	教授	澁谷　陽二
	副 査	教授	尾方　成信

論文審査の結果の要旨

近年、携帯情報端末などの機器は小型化・軽量化が進み、入力デバイスとして利用される機構部品であるスイッチ部品も高性能を維持しながら小型化が要求されている。新製品を素早く市場に送り出すためにも部品の設計は重要であり、短いリードタイムでコストを低減し部品設計を行う必要がある。しかし、スイッチ部品の可動接点として組み込まれている金属製ダイヤフラムのクリック特性と設計パラメータの関係は十分に解明されておらず、また、実験のみの評価では設計期間の短縮・コスト削減に不十分である。一方、ダイヤフラムは使用中の繰返し荷重により疲労破壊に至る。その疲労寿命の評価には現在、打鍵試験により寿命検査が行われているが、設計期間の短縮に対応するため効率的な評価手法の構築が望まれている。以上のことから、本論文では数値解析によりダイヤフラムのプレス成形後の残留応力を評価し、金型（ポンチ等）の形状を設計パラメータとして変更した際の各パラメータがダイヤフラムのクリック特性および疲労特性に及ぼす影響の解明を研究目的としている。さらに、設計パラメータの制御により、ダイヤフラムの設計可能領域を明示し、ダイヤフラムの設計を支援する手法の提案も研究目的としている。

まず、代表的な形状である丸型ダイヤフラムを対象として、ダイヤフラムのプレス成形ならびにクリック時の非線形有限要素解析を実施し、残留応力分布ならびにダイヤフラムの形状がクリック特性に及ぼす影響を評価している。特に、設計パラメータとして、ダイヤフラムの高さと交点径に着目し、これらのパラメータとクリック特性との関係を明らかにしている。クリック特性については実験結果とも良い一致を示すことを確認し、さらに、設計パラメータを変更した際のダイヤフラムの設計可能領域の明示化も可能としている。

次に、省スペース型の形状として小判型ダイヤフラムを対象とし，同じく設計パラメータがクリック特性に及ぼす影響を評価している。特に、クリック特性のさらなる改良を図るべく、金型形状に新たな曲率を加えた設計パラメータを提案し、ダイヤフラムの変形モードとの関連を考慮したクリック特性の評価ならびに設計可能領域の評価を行っている。従来構造に比べて動作力およびクリック率が向上し、さらに、変形モードを３つの領域に分け、中間接地が無く安定的に端部接地が現れる設計可能領域の明示化を可能としている。

最後に、上述の有限要素解析から得られたクリック時におけるダイヤフラムの応力履歴と、ダイヤフラム用ステンレス薄板の疲労試験結果の両者を用いて、破壊確率を考慮した疲労限度線図を作成しダイヤフラムの寿命信頼性の評価を行っている。任意な繰り返し数におけるダイヤフラムの破壊確率について，金型の形状などの設計パラメータが破壊確率に及ぼす影響を評価し、設計可能領域を作成している。さらに、これまで得られたクリック率の設計可能領域と、破壊確率の設計可能領域を重ね合わせることにより、クリック特性および疲労特性の両者を満たす設計可能領域の評価を可能としている。

以上のように、本論文は豊富な設計パラメータを有する金属製ダイヤフラムのクリック特性及び疲労特性を考慮した設計可能領域について研究したものであり、ダイヤフラムの設計支援に有用であるとともに、設計コストの低減ならびに開発期間の短縮化へ寄与するところは大きいと考える。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。