

**Your article is protected by copyright and all rights are held exclusively by King Fahd University of Petroleum and Minerals. This e-offprint is for personal use only and shall not be self-archived in electronic repositories. If you wish to self-archive your article, please use the accepted manuscript version for posting on your own website. You may further deposit the accepted manuscript version in any repository, provided it is only made publicly available 12 months after official publication or later and provided acknowledgement is given to the original source of publication and a link is inserted to the published article on Springer's website. The link must be accompanied by the following text: "The final publication is available at [link.springer.com](http://link.springer.com)".**

# Hilbert–Huang Transform-Based Emitted Sound Signal Analysis for Tool Flank Wear Monitoring

J Emerson Raja · Loo Chu Kiong · Lim Way Soong

Received: 16 May 2011 / Accepted: 13 August 2011 / Published online: 15 February 2013  
© King Fahd University of Petroleum and Minerals 2013

**Abstract** This paper presents an emitted sound signal analysis technique for tool flank wear monitoring based on the Hilbert–Huang Transform (HHT). HHT is a new signal processing technique suitable for analyzing non-stationary and non-linear signals like emitted sound. The need for HHT in this analysis and its principle are explained. The entire experiment was done on a conventional turning machine using carbide insert tools and mild steel work piece. The emitted sound signal during turning process of a fresh tool, a slightly worn tool with 0.2 mm flank wear and a severely worn tool with 0.4 mm flank wear were recorded separately using a highly sensitive microphone under different cutting conditions. Each emitted sound signal is decomposed into several intrinsic mode functions (IMFs) using empirical mode decomposition (EMD). The Hilbert transform is then applied on each IMF to obtain the instantaneous frequencies with time and their amplitudes. Finally, the marginal and the Hilbert spectrums of fresh, slightly worn and severely worn tool sound signals were produced using selected IMFs. From these spectrums, it is found that the increase in tool flank wear resulted in an increase of the sound pressure amplitude. This is also found true for all the different cutting conditions. The results show that the HHT-based emitted sound signal analysis can also be considered as a simple and reliable method for tool flank wear monitoring.

**Keywords** Tool flank wear · HHT · EMD · IMF · Marginal spectrum · Hilbert spectrum · Instantaneous frequency

## الخلاصة

تستعرض هذه الورقة العلمية تقنية تحليل إشارة الصوت المنبعث لرصد تغطية أداة جناح مستند إلى تحويل هيلبرت-هوانغ (HHT). إن HHT هي تقنية معالجة إشارات جديدة مناسبة لتحليل الإشارات غير الثابتة وغير الخطية مثل الصوت المنبعث. وقد تم إيضاح الحاجة إلى HHT في هذا التحليل ومبادئه، حيث تمت التجربة بأكملها على جهاز تحويل تقليدي باستخدام أدوات إدراج كربيد وقطعة عمل من الفولاذ الطري. وسجلت إشارة الصوت المنبعث في أثناء عملية التحويل من الأداة الجديدة، وهي أداة لبس بدرجة منخفضة مع 0.2 ملم ارتداء جناح وأداة ارتداء بشدة بمتوسط 0.4 مم ارتداء جناح بشكل منفصل باستخدام ميكروفون حساس للغاية في ظل ظروف عدة قطاعات مختلفة. وقد تحللت إشارة كل صوت منبعث إلى عدة وظائف وضع جوهريّة (IMFs) باستخدام نمط التحلل التجريبي (EMD). تم بعد ذلك تطبيق تحويل هيلبرت على كل وظيفة وضع جوهريّة للحصول على الترددات اللحظية مع الوقت والسعة الخاصة بها. وأخيراً أنتجت أطيف هيلبرت و الهامشية من جديد، و الإشارات الصوتية لأداة الارتداء المنخفض والشديد باستخدام وظائف الوضع الجوهريّة. ومن هذه الأطيف وجد أن الزيادة في أداة ارتداء الجناح أدت إلى زيادة سعة ضغط الصوت. ووجد أن هذا أيضاً ينطبق على جميع ظروف القطع المختلفة. وأظهرت النتائج أن تحليل تحويل هيلبرت-هوانغ المستند إلى إشارة الصوت المنبعث يمكن أيضاً أن تُعدّ وسيلة بسيطة موثوقاً بها لرصد ارتداء أداة الجناح.

J. E. Raja (✉) · L. W. Soong  
Faculty of Engineering and Technology,  
Multimedia University, Melaka, Malaysia  
e-mail: emerson.raja@mmu.edu.my

L. W. Soong  
e-mail: wslim@mmu.edu.my

L. C. Kiong  
Faculty of Information Science and Technology,  
Multimedia University, Melaka, Malaysia  
e-mail: ckloo@mmu.edu.my

## 1 Introduction

Manufacturing processes like turning, drilling, or milling can be optimized and automated significantly using reliable and flexible tool condition monitoring systems. Tool wear monitoring is a difficult task due to many machining processes are non-linear time-variant systems, which makes them difficult to model, and secondly, the signals obtained

