

UDC 621.9.048.6; 621.9.06-529-8

Frequency response function simulation and evaluating in boring

Shykhaliyev M.M., Medvedev V.V.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine

Abstract. Finite element method of simulating frequency response function (FRF) for boring tool in LS-Dyna solver is investigated in this work. Nowadays, computer numerical simulation allows to obtain FRF using different materials model with high precision compared to real experiments with sensors like impact hammer testing. This function is used in construction of stability lobe diagrams that allows operator of machining center to avoid chatter self-excited vibrations. Such vibration is led to decreasing of productivity and quality in cutting of metals and other materials. Amplitude and phase angle for the model is obtained from LS-Dyna result interpretator, that reads binary files, created during simulation by the program. Amplitude and phase angle of frequency response function are depending on dynamic stiffness of machining system. **Keywords:** Frequency response function; boring; simulation; vibration; vibroacoustic behavior of machining centers;

Machining of metals is accompanied by vibrations of components of machining centers. Bearings, tools, workpiece etc. These vibrations can be of different nature. For instance, they can occur as self-excited or forced vibrations [1]. And they led to reducing of productivity and quality of machined parts [1]. One way self-excited vibrations appear in boring is when dynamic stiffness of machining system is not enough.

In machining Frequency response function (FRF) is used to characterize natural frequencies of cutting tool, tool holder, workpiece, machine tool and its combination. This function is then used in stability lobe diagram construction [2] as the main application.

Common method to obtain FRF is to use impact hammer with accelerometer, as shown of fig. 2. Although, FRF can be simulated using computer methods of modeling. Spectrum of structural response (displacement, velocity and acceleration) for applied unit harmonic excitations can be simulated in LS-Dyna solver [3]. Eigenvalues of machining system must be included in simulation of FRF, because the eigenvalues of the closed-loop dynamic system equation allow to construct stability lobe diagram (SLD) that show the maximum stable axial depth of cut as a function of spindle speed. Also, it is necessary to use implicit dynamic simulation to extract and process eigenvalues.

Fig. 1 show computer model to simulate FRF. Dynamic stiffness coefficient k (20000 N/m) and damper coefficient C in viscous form are also included in model to simulate dynamic stiffness of machine tool. Impulse force is applied on the cutting edge. A single-mass system is used.

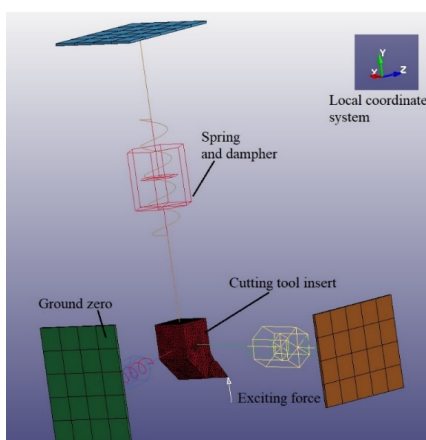


Fig. 1. Frequency response function modeling

Graphic of FRF is shown on fig. 3, 4. Fig. 3 show amplitude dependence. And fig. 4 show phase angle. The highest peak of signal amplification is under 3000 Hz. Its amplitude is about 80 dB. And this frequency has the highest phase angle oscillation. Frequencies-amplitude relationship of FRF are functions of dynamic stiffness of the machine center [5, 6]. It means that ratio of input/output signal is such that the greater the dynamic stiffness of the system, the smaller the amplitudes of the output signal. And its dynamic characteristic depends on material of the instrument [4]. Comparison of system with different dynamic stiffness ($k = 20000$ N/m and $k = 15000$ N/m) is shown on fig. 5. Peak amplitude is more than 150 dB for less dynamic stiffness.

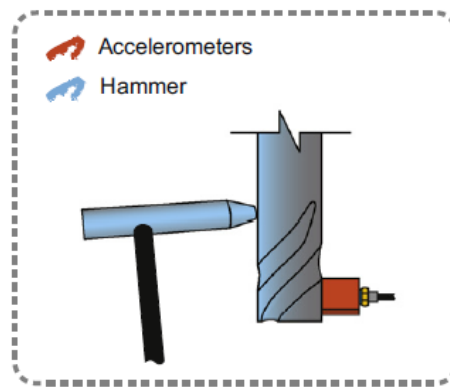


Fig. 2. Procedure for obtaining FRF using impact hammer test [2]

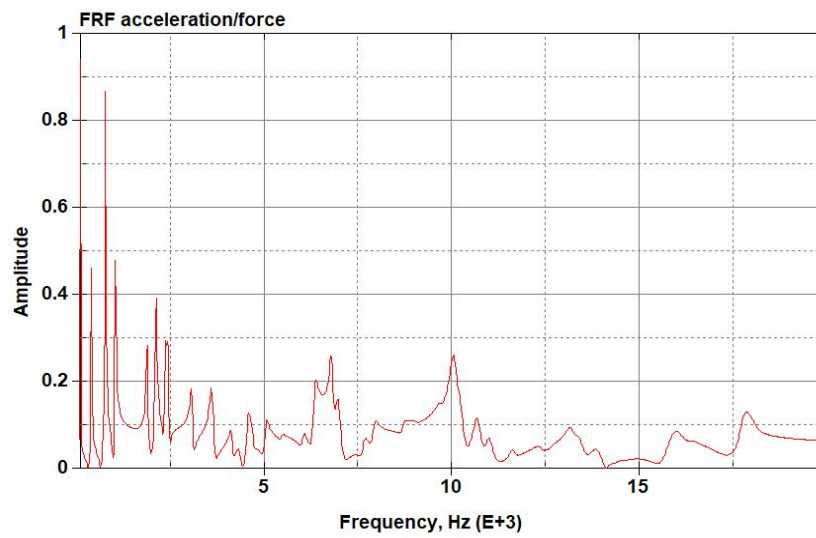


Fig. 3. Frequency response function amplitude

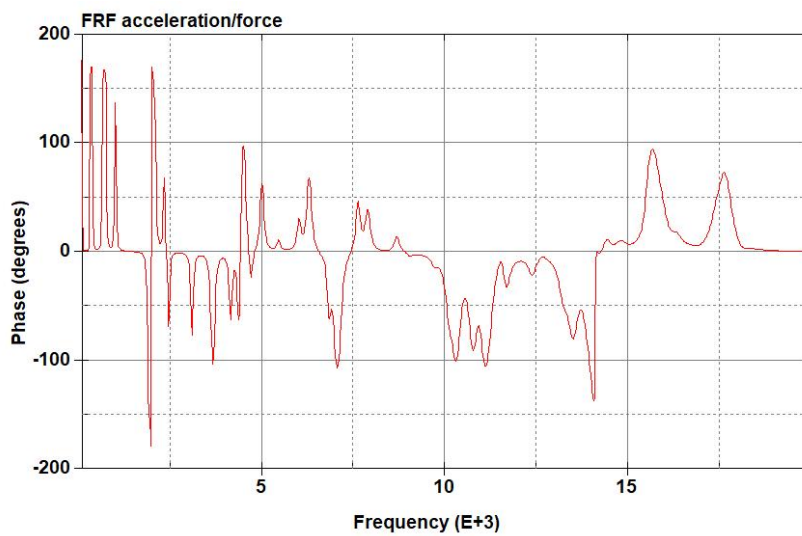


Fig. 4. Frequency response function phase

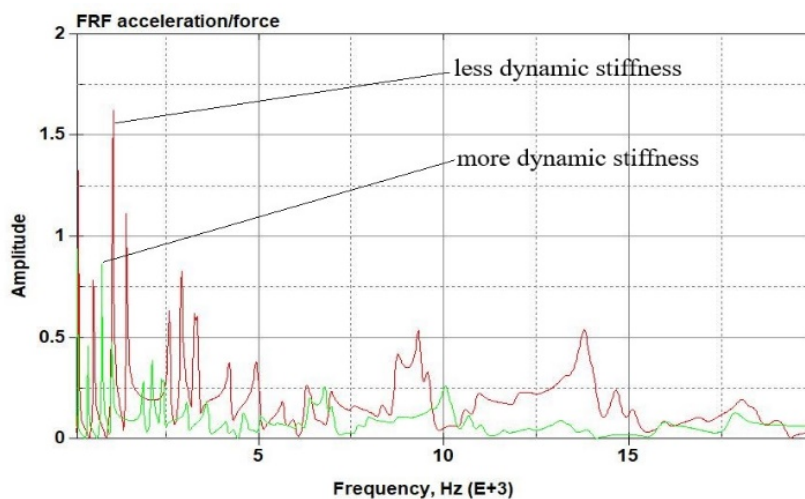


Fig. 5. Frequency response function amplitude for different dynamic stiffness

Conclusion and discussion. FRF can be obtained from computer simulation in LS-Dyna non-linear solver [7]. For this purpose, there are many models of materials. Simulated results need to be compared with real measurements with impact hammer.

References

1. Dombovari Z. The Basics of Time-Domain-Based Milling Stability Prediction Using Frequency Response Function / Z. Dombovari, M. Sanz-Calle, M. Zatarain. // Journal of Manufacturing and Materials Processing. – 2020. – №4(3): 72. – С. 1–13. <https://doi.org/10.3390/jmmp4030072>
2. Quintana G. Chatter in machining processes: A review / G. Quintana, J. Ciurana. // International Journal of Machine Tools & Manufacture. – 2011. – №51. – С. 363–376.
3. Криворучко Д. В. Моделирование процессов резания методом конечных элементов: методологические основы: монография / Д. В. Криворучко, В. А. Залого; под общей ред. В. А. Залого. – Сумы: Университетская книга, 2012. – 434 с.
4. FRF Estimation through Sweep Milling Force Excitation (SMFE) / [A. Iglesias, J. Munoa, C. Ramirez та ін.]. // Procedia CIRP. – 2016. – №46. – С. 504 – 507.
5. Prediction of Surface Roughness Based on Cutting Parameters and Machining Vibration in End Milling Using Regression Method and Artificial Neural Network / Yung-Chih Lin, Kung-Da Wu, Wei-Cheng Shih та ін.]. // Applied sciences. – 2020. – №10. – С. 1–22. <https://doi.org/10.12913/22998624/119048>
6. Investigation of Boring Bar Dynamics for Chatter Suppression / Y. Alammari, M. Sanati, T. Freiheit, S. Park. // Procedia Manufacturing. – 2015. – №1. – С. 768–778.
7. LS-DYNA® Keyword User's Manual Volume II Material Models // Livermore Software Technology Corporation. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://www.dynasupport.com/manuals/ls-dyna-manuals/ls-dyna_manual_volume_ii_r12.pdf

Моделювання амплітудно-фазової частотної функції і її оцінка при розточуванні

Шихалєєв М.М., Медведєв В.В.

Анотація. У цій роботі досліджено метод скінченних елементів моделювання функції АЧХ для розточувального інструменту в високонелінійному вирішувачі LS-Dyna. Комп'ютерне чисельне моделювання дозволяє отримати амплітудно-фазову частотну характеристику технічної оброблюючої системи з використанням моделі різних матеріалів, з високою точністю порівняно з реальними експериментами з датчиками, такими як випробування ударним молотком. Ця функція використовується при побудові пелюсткових діаграм стійкості, що дозволяє оператору обробного центру уникати самовиникаючих коливань системи. Такі вібрації призводять до зниження продуктивності та якості різання металів та інших матеріалів. Амплітуду і фазовий кут для моделі отримано з інтерпретатора результатів LS-Dyna, який зчитує двійкові файли, створені під час моделювання програмою. Вони залежать від динамічної жорсткості системи обробки.

Ключові слова. Амплітудно-фазова частотна характеристика; розточування; моделювання; вібрації; віброакустичні явища в оброблюючих центрах;