

В. О. Трилисский, Г. С. Большаков,
А. В. Липов, Е. Н. Ярмоленко

ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН С ЦЕНТРАЛЬНЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

Аннотация. Разработана модель вибрационной обработки сменных многогранных пластин режущего инструмента с центральными отверстиями при использовании кассетного барабана, свободно размещенного в рабочей камере. Получены зависимости, позволяющие определять время обработки для получения требуемого радиуса округления режущих кромок сменных многогранных пластин при соответствующих режимах и условиях вибрационной обработки или задавать эти параметры для конкретного станка, обеспечивая минимальное время обработки.

Ключевые слова: сменные многогранные пластины, радиус округления режущих кромок, вибрационная обработка, кассетный барабан, абразивная гранула, рабочая камера, вибрационный станок, амплитуда колебаний, частота колебаний.

Abstract. The model of oscillation treatment of removable many-sided plates of toolpiece is developed with the central openings and the use of cassette drum, freely placed in a working chamber. Dependences, allowing to determine time of treatment for the receipt of the required radius of rounding off of cuttings edges of removable many-sided plates at the proper modes and terms of oscillation treatment, are got, or to set these parameters for a concrete machine-tool, providing minimum time of treatment.

Keywords: removable many-sided plates, radius of rounding off of cuttings edges, oscillation treatment, cassette drum, abrasive granule, working chamber, oscillation machine-tool, amplitude of vibrations, frequency of vibrations.

Введение

В современном машиностроительном производстве в качестве режущей части инструмента широко применяются сменные многогранные пластины (СМП), на долю которых приходится примерно 70 % всей срезаемой стружки. Одной из основных причин выхода таких пластин из строя являются сколы и выкрашивания режущих кромок, что вызвано превышением допустимых значений напряжений в режущем клине.

Одним из способов повышения прочности режущего клина твердосплавного инструмента является округление его режущей кромки. Для этих целей ГОСТом 19086–80 предусмотрена возможность вибрационной обработки СМП в среде абразивного наполнителя. Величина радиуса округления ρ неоднозначно влияет на характеристики процесса резания. Его увеличение повышает прочность режущего клина, но ведет к росту силы резания и температуры рабочих поверхностей СМП [1]. В связи с этим величина ρ находится в пределах от 0,02 до 0,1 мм и зависит от марки твердого сплава и диаметра вписанной окружности пластины.

При вибрационной обработке с размещением деталей и наполнителя в рабочих камерах станков «внавал» возможно появление сколов и выкрашиваний режущих кромок СМП, вызванных их взаимными соударениями. В связи с этим СМП закрепляют в специальных приспособлениях в виде кас-

сетных барабанов, имеющих привод от отдельных электродвигателей и устанавливаемых в подшипниковых опорах, смонтированных на торцевых стенках рабочих камер станков [2]. Существенным недостатком применения таких приспособлений является значительное вспомогательное время, необходимое на загрузку-выгрузку СМП и наполнителя, выполняемые на неработающем оборудовании.

1. Технология вибрационной обработки СМП

Для повышения производительности обработки СМП разработана конструкция кассетного барабана для вибрационных станков с U-образной рабочей камерой, позволяющая совмещать вспомогательное время с временем обработки (рис. 1) [3].

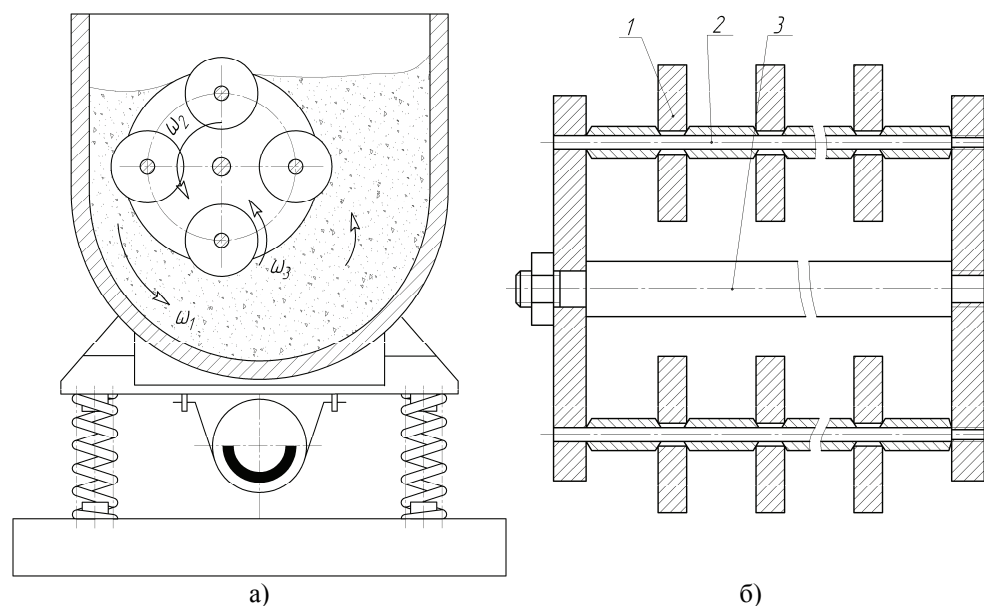


Рис. 1. Устройство для вибрационной обработки СМП (а) и конструкция кассетного барабана (б)

СМП 1 устанавливаются на осях 2 кассетного барабана 3, который помещают в рабочую камеру с обрабатывающей средой, состоящей из гранулированного абразивного наполнителя и жидкости специализированного состава (рис. 1). Под действием вибрации обрабатывающая среда приобретает вращательное движение и увлекает барабан внутрь потока, сообщая ему планетарное движение: вращение в объеме рабочей камеры (ω_1) и вокруг своей оси (ω_2). Кроме того, каждая из обрабатываемых деталей также вращается вокруг собственной оси (ω_3). По окончании обработки кассетный барабан заменяется другим без остановки станка, что позволяет совместить вспомогательное время с основным.

2. Модель вибрационной обработки СМП

Для определения времени обработки, необходимого для получения требуемого радиуса округления режущих кромок, разработана модель еди-

ничного взаимодействия частицы абразивной гранулы с поверхностью детали. В качестве модели гранулы принята сфера, из которой выступают зерна, как непересекающиеся пирамиды (рис. 2). При этом были приняты следующие допущения:

1. Все физико-механические свойства поверхности детали постоянны, т.е. частица осуществляет микрорезание однородного и изотропного пространства.
2. Твердость абразивных зерен бесконечно большая по сравнению с твердостью материала детали.
3. В процессе обработки деформаций гранулы и смещения ее абразивных зерен не происходит.
4. В течение одного акта микрорезания геометрия гранулы не изменяется.

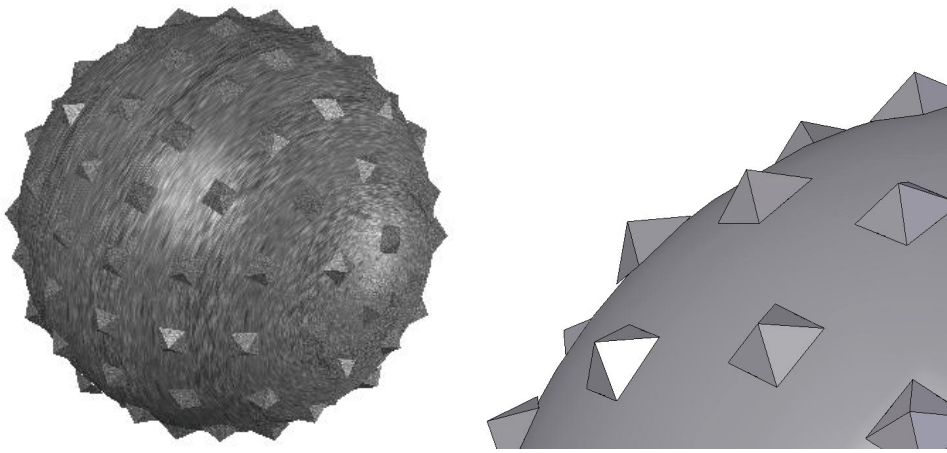


Рис. 2. Модель абразивной гранулы

СМП изготавливают из твердых сплавов, которые относятся к хрупким материалам. Съем таких материалов происходит по схеме образования лунок и скалывания без буртов и навалов, характерных для пластичных материалов.

Время, необходимое для получения требуемого радиуса округления ρ , определяется по формуле

$$t_{\text{обр } \rho} = \frac{\rho^2 \left(\operatorname{tg} \left(90 - \frac{\beta_{\text{PK}}}{2} \right) - \frac{\pi(180 - \beta_{\text{PK}})}{360} \right)}{Q_{\text{K}}}, \quad (1)$$

где β_{PK} – угол заострения режущего клина СМП; Q_{K} – суммарный съем материала в единицу времени абразивными гранулами с сечения кромки пластины, $\text{м}^2/\text{с}$,

$$Q_{\text{K}} = N \cdot K_1 \cdot q,$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий число ударов, приходящихся в кромки пластины, $1/\text{м}$; N – число ударов абразивных гранул в кромки пластины, $1/\text{с}$;

q – объем материала, удаленного при внедрении в поверхность одного абразивного зерна в виде пирамиды, м³,

$$q = 5,137 \cdot 10^{-2} \left(\frac{F}{HV} \right)^{3/2},$$

где F – усилие воздействия абразивной гранулы на СМП, Н; HV – твердость материала пластины по Виккерсу, Па.

Для определения усилий воздействия абразивных гранул на СМП F и числа их соударений N , а также для оценки значений коэффициента, учитывающего число соударений, приходящихся в сечение кромки пластины K_1 , разработана компьютерная модель движения загрузки в рабочей камере вибрационного станка, позволяющая анализировать поведение обрабатываемой среды и СМП в процессе обработки. Моделирование осуществлялось путем построения в SolidWorks Education Edition твердотельных моделей вибрационного станка и загрузки с последующим расчетом в приложении COSMOS Motion значений F и N . Недостатком разработанной модели являются большие затраты времени на перестроение, расчет и обработку результатов. Кроме того, необходимо наличие дорогостоящих программных пакетов. Все это предопределило необходимость использования метода математического планирования экспериментов для создания на основе расчетов в САЕ программе COSMOS Motion зависимостей, удобных для решения практических задач. В результате обработки были получены выражения для определения F (Н) и $N \left(\frac{1}{с} \right)$ в зависимости от амплитуды A (мм) и частоты f (Гц) колебаний рабочей камеры, массы m (г) обрабатываемой СМП и массы $m_{ГР}$ (г) абразивной гранулы:

$$F = \frac{A^{0,57} \cdot m^{0,83} \cdot f^{0,84} \cdot m_{ГР}^{0,16}}{1164}; \quad (2)$$

$$N = \frac{86 \cdot f^{0,51}}{A^{0,24} \cdot m^{0,63} \cdot m_{ГР}^{0,083}}. \quad (3)$$

Для получения этих зависимостей использовались планы дробного факторного эксперимента вида 2^{4-1} с преобразованием выходного параметра и варьируемых факторов. При этом нижний уровень амплитуды колебаний рабочей камеры принимался равным 1 мм, верхний – 4 мм, частота ее колебаний варьировалась от 16 до 34 Гц, масса СМП – от 20 до 50 г, а масса абразивных гранул – от 0,5 до 5 г.

По результатам моделирования установлено, что для всех СМП можно принимать $K_1 = 660 \frac{1}{м}$.

На рис. 3, 4 приведены графики полученных зависимостей выходных параметров модели вибрационной обработки от массы обрабатываемых СМП и амплитуды колебаний рабочей камеры.

Анализ зависимостей усилий воздействия абразивных гранул F и числа соударений N от амплитуды колебаний показывает, что увеличение A приводит к увеличению F . Но в то же время происходит некоторое уменьшение числа соударений в единицу времени, что объясняется разрыхлением обрабатываемой среды. Увеличение массы обрабатываемых СМП ведет к увеличению усилий воздействия и уменьшению числа соударений в единицу времени. Расхождение между значениями, полученными моделированием и рассчитанными по формулам (2) и (3), не превышает 20 %, что подтверждает адекватность полученных зависимостей.

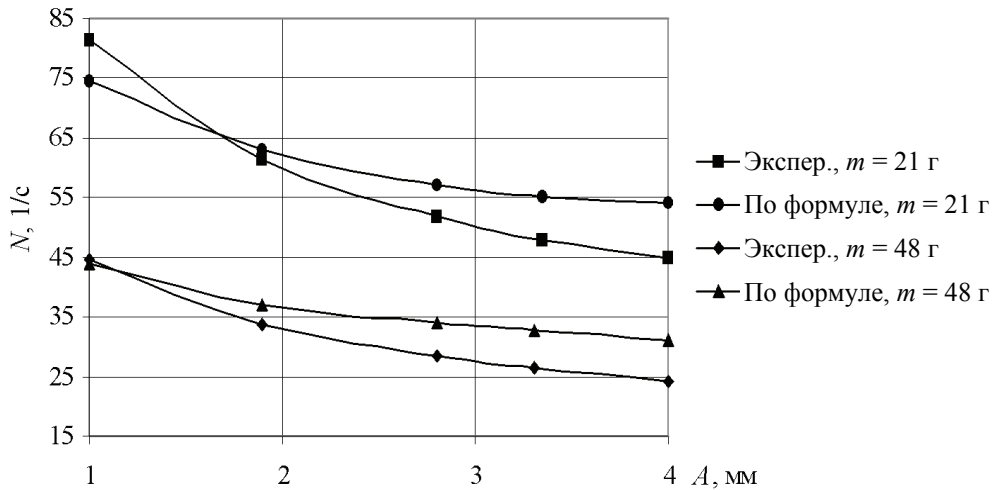


Рис. 3. Зависимости числа N соударений абразивных гранул и обрабатываемых СМП от амплитуды A колебаний рабочей камеры при различной массе обрабатываемых деталей

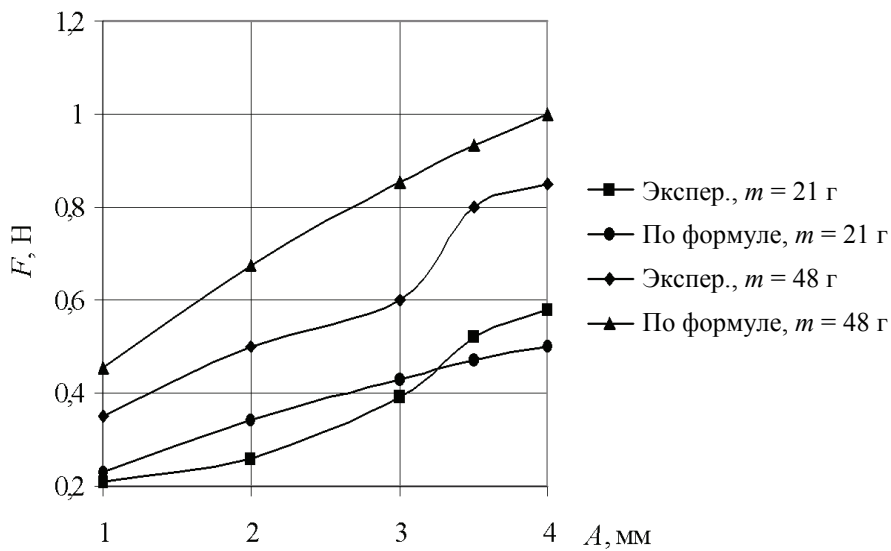


Рис. 4. Зависимость усилия воздействия F абразивных гранул на обрабатываемые СМП от амплитуды A колебаний рабочей камеры при различной массе обрабатываемых деталей

3. Экспериментальные исследования вибрационной обработки СМП

Для проверки адекватности разработанной модели вибрационной обработки СМП были проведены экспериментальные исследования на вибрационном станке мод. ВМ 12. В кассетном барабане закреплялась 48 СМП для токарного резца MNUM–110304 из двухкарбидного сплава T15K6 массой 25 г, с первоначальным радиусом округления режущих кромок от 0,02 до 0,04 мкм. Угол заострения режущего клина составлял 90° , а твердость материала по Виккерсу 12,2 ГПа. В качестве абразивного наполнителя использовались гранулы ПТ10 электрокорунда белого с зерном 40 мкм массой 2,6 г. В качестве рабочей жидкости применялся 3 % раствор кальцинированной соды. Обработка проводилась при частоте колебаний рабочей камеры 25 Гц и амплитуде 2,5 мм.

При проведении экспериментов измерялся радиус округления режущих кромок через каждые 10 мин после начала обработки, а после 60 мин – через каждые 20 мин. За время обработки принималось время достижения максимальной величины ρ , которая должна находиться в пределах от 0,08 до 0,1 мм в соответствии с ГОСТ 19086–80.

Для измерения радиуса округления режущих кромок ρ использовался инструментальный микроскоп мод. ММИ–2 с блоком цифровой индикации мод. УЦМ–1М.

На рис. 5 представлены графики зависимостей влияния продолжительности обработки на изменение ρ . Экспериментальная зависимость получена с доверительным интервалом 5 %. Расхождение между экспериментальными и расчетными значениями не превышает 13 %, что подтверждает адекватность разработанной модели вибрационной обработки СМП.

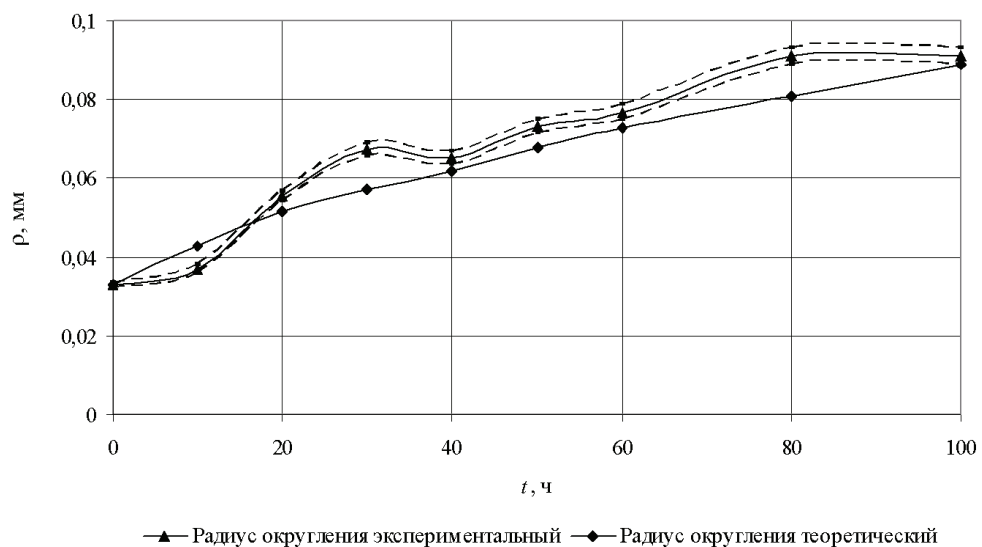


Рис. 5. Зависимость радиуса округления ρ режущей кромки от времени обработки t

Заключение

Полученные зависимости позволяют для предложенной конструкции кассетного барабана определять время, необходимое для получения требу-

мого радиуса округления режущей кромки СМП при соответствующих режимах и условиях вибрационной обработки, или задавать эти параметры для конкретного станка, обеспечивая минимальное время обработки.

Список литературы

1. **Трилисский, В. О.** Расчет сил резания для инструмента со скругленной режущей кромкой / В. О. Трилисский, Г. С. Большаков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2007. – № 3. – С. 116–122.
2. А. с. 779039 (СССР), МКИ В24 В 31/06. Устройство для вибрационной обработки деталей / Черногоров Л. Л., Левин И. Н., Цорданиди Г. Г., Резниченко А. Н., Федьковский В. М. ; опубл. 15.11.80, Бюл. № 42.
3. Пат. 2286239 Российская Федерация, С 1 В 24 В 31/06. Устройство для вибрационной обработки деталей / Трилисский В. О., Панчурин В. В., Большаков Г. С. – № 2005126278 ; заявл. 18.07.2005 ; опубл. 27.10.06, Бюл. № 30.

Трилисский Владимир Овсеевич

доктор технических наук, профессор

Большаков Герман Сергеевич

кандидат технических наук, доцент,
кафедра металлообрабатывающие
станки и комплексы, Пензенский
государственный университет

E-mail: mrs@pnzgu.ru

Липов Александр Викторович

кандидат технических наук, доцент,
кафедра металлообрабатывающие
станки и комплексы, Пензенский
государственный университет

E-mail: mrs@pnzgu.ru

Ярмоленко Елена Николаевна

доцент, кафедра металлообрабатывающие
станки и комплексы, Пензенский
государственный университет

E-mail: mrs@pnzgu.ru

Trilissky Vladimir Ovseevich

Doctor of engineering sciences, professor

Bolshakov German Sergeevich

Candidate of engineering sciences,
associate professor, sub-department
of metal-working machine tools
and complexes, Penza State University

Lipov Alexander Viktorovich

Candidate of engineering sciences,
associate professor, sub-department
of metal-working machine tools
and complexes, Penza State University

Yarmolenko Elena Nikolaevna

Associate professor, sub-department
of metal-working machine tools
and complexes, Penza State University

УДК 621.923.048.6

Трилисский, В. О.

Финишная обработка сменных многогранных пластин с центральными отверстиями / В. О. Трилисский, Г. С. Большаков, А. В. Липов, Е. Н. Ярмоленко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2010. – № 2 (14). – С. 131–137.