

Н.В. Азарова, канд. техн. наук, П.Г. Матюха, д-р техн. наук,
В.П. Цокур, канд. техн. наук, Донецк, Украина

СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРУЖЕК И ЕДИНИЧНЫХ СРЕЗОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЛОСКОМ АЛМАЗНОМ ШЛИФОВАНИИ

Виконано оцінку зіставлення параметрів зрізу, котрі розраховані на базі математичної моделі, з параметрами стружки, яка утворюється при алмазному шліфуванні. Встановлено, що товщини стружок, визначені експериментально та розраховані на основі одиничних зрізів, відрізняються незначуще. Зроблено висновок про можливість використання для розрахунків вихідних показників процесу шліфування параметрів зрізів, визначених на базі математичної моделі.

Выполнена оценка сопоставимости параметров среза, определенных с помощью математической модели, и параметров стружки, образующейся при алмазном шлифовании. Установлено, что толщины стружек, определенные экспериментально и рассчитанные по единичным срезам, отличаются незначительно. Сделан вывод о возможности использования для расчетов выходных показателей процесса шлифования параметров срезов, определенных с помощью математической модели.

*N.V. AZAROVA, P.G. MATYUHA, V.P. COKUR
COMPARISON OF SHAVINGS PARAMETERS AND THE INDIVIDUAL CUTS FORMED AT FLAT DIAMOND GRINDING*

It is executed the comparison of parameters of the cut, determined by means of mathematical model, and parameters of the shaving, formed under diamond grinding. It is identified that thickness of shavings, which was determined experimentally and was accounted by means of single cuts, are differ insignificantly. Conclusion is made about possibility of the use for calculation parameters of cuts, determined by means of mathematical model.

Введение

Сведения о размерах единичных срезов, образующихся при шлифовании, необходимы для расчетов параметров шероховатости обработанной поверхности, температур в зоне обработки, сил резания, поэтому исследуемый вопрос является весьма актуальным для теории шлифования. В силу особенностей рабочей поверхности круга (РПК), заключающихся в отличии геометрических параметров отдельных зерен, их размеров и ориентации, с обрабатываемой поверхности удаляются срезы различной формы и размеров. Соответственно при шлифовании образуются и различные виды стружек, которые классифицируются по форме [1, 2], а также особенностям образования [3]. Вместе с тем данные о сопоставлении параметров срезов и стружек в литературе отсутствуют.

Целью работы является оценка сопоставимости параметров среза и параметров стружки, образующейся при плоском алмазном шлифовании, для выяснения возможности использования для расчетов выходных показателей процесса, в частности параметров шероховатости обработанной поверхности, параметров срезов, определенных с помощью математической модели.

Основная часть

Исследованию подвергали стружки, полученные при плоском алмазном шлифовании образца из стали Р6М5Ф3 периферией круга 1А1 250×76×15×5 АС6 160/125-4-М2-01 на модернизированном станке модели 3Д711АФ11.

Перед экспериментом шлифовальный круг правили электроэрозионным способом на медном электроде. Режимы правки: скорость круга 30 м/с, скорость стола равна нулю, вертикальная подача 0,005...0,007 мм/ход, поперечная подача – ручная, средняя сила тока 7...8 А, напряжение холостого хода источника технологического тока ИТТ-35 50 В. Затем круг прирабатывали в течение 30 минут шлифованием образца из стали Р6М5Ф3 на режимах: скорость круга 30 м/с, скорость стола 6 м/мин, поперечная подача 2,5 мм/ход, глубина шлифования 0,015 мм.

Обрабатываемый образец с размерами обрабатываемой поверхности 60×14 мм был установлен на магнитной плите стола. Режимы обработки: скорость круга 30 м/с, скорость стола 6 м/мин, глубина шлифования 0,015 мм. Охлаждающей жидкостью являлся 0,3%-ный водный раствор кальцинированной соды.

Процесс шлифования сопровождался радиальными колебаниями шлифовального круга с частотой 37 Гц и амплитудой 0,9 мкм. Колебания с более высокой частотой в силу малой амплитуды (менее 0,5 мкм), значительно меньшей параметров шероховатости обработанной поверхности, при расчетах не учитывали.

Регистрацию колебаний осуществляли при помощи анализатора спектра вибрации модели 795М по методике, изложенной нами в [4].

Измерение толщины, ширины и длины стружек проводили с помощью оптического устройства микротвердомера ПМТ-3 при увеличении 520 раз по методике, описанной нами в [5].

Максимальная погрешность определения параметров стружки находилась в пределах 10% от измеряемой величины.

Исследовали выборку из 300 стружек, которую впоследствии подвергали статистическому анализу с целью определения законов распределения исследуемых параметров.

Как показали исследования, по форме образовавшиеся стружки можно отнести к ленточным, запятообразным, сегментообразным и дробленным (рис. 1, а, б, в, г).

Запятообразные стружки имеют вид запятой с утолщением на одном конце. Они образуются запятообразными, а также промежуточными срезами. Сегментообразные стружки имеют утолщение посередине и образуются сегментообразными срезами. Ленточные стружки также образуются сегментообразными срезами. Дробленные по длине стружки имеют приблизительно одинаковую ширину по всей длине. Они могут быть образованы запятообразными, сегментообразными и промежуточными срезами.



Рисунок 1 – Виды стружек, образующихся при плоском алмазном шлифовании:
а – ленточная; б – запытообразная; в – сегментообразная; г – дробленая

По результатам измерения параметров стружек построены гистограммы распределений толщины и длины стружек (рис. 2).

Анализ гистограмм распределений геометрических параметров стружки показывает, что имеет место относительно большой диапазон изменения исследуемых параметров, преобладание мелких стружек.

Средние значения исследуемых параметров стружки, определенные экспериментально, составили: длина $52,59 \pm 3,42$ мкм, ширина $11,89 \pm 0,49$ мкм, толщина $4,93 \pm 0,21$ мкм.

Геометрические параметры срезов, рассчитанные на базе предложенной нами математической модели шлифования [6], следующие: длина $972,37 \pm 125,09$ мкм, толщина $3,25 \pm 1,90$ мкм.

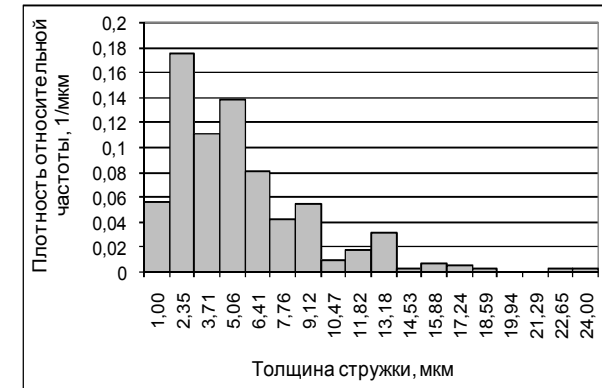
Поскольку в процессе резания размеры срезов изменяются в результате пластических деформаций, то есть их длина уменьшается на коэффициент продольной усадки стружки, а толщина увеличивается на аналогичную величину, при сопоставлении статистических характеристик размеров срезов и стружек необходимо учитывать значение коэффициента усадки.

Для сопоставления параметров стружек, определенных по параметрам срезов, рассчитанных на базе математической модели, и параметров стружек, полученных экспериментально, воспользуемся коэффициентом усадки, равным 1,5 [7].

Тогда расчетные параметры стружек, составят: длина $648,24 \pm 83,39$ мкм, толщина $4,88 \pm 2,85$ мкм.

Приведенные данные показывают, что длины стружек, рассчитанные по срезам, в 12 раз превышают длины стружек, полученные экспериментально, что объясняется, по нашему мнению, дроблением стружек по длине. Толщины стружек, определенные экспериментально и рассчитанные по срезам, отличаются незначимо.

Данные сравнения параметров стружек, определенных на базе математической модели по параметрам срезов, и параметров стружек, полученных экспериментально, представлены в виде таблицы (табл. 1).



а



б

Рисунок 2 – Гистограммы полученных экспериментально распределений толщины (а) и длины (б) стружек, образовавшихся при плоском врезном шлифовании стали Р6М5Ф3 периферией круга 1А1 250×16×75×5 АС6 160/125-4-М2-01, номинальная глубина шлифования 0,015 мм

Таблица 1 – Сопоставление параметров стружек, определенных на базе математической модели по параметрам срезов, и параметров стружек, полученных экспериментально

Параметры стружек	Значения параметров с 95% доверительным интервалом	
	Расчетные	Экспериментальные
Толщина, мкм	$4,88 \pm 2,85$	$4,93 \pm 0,21$
Длина, мкм	$648,24 \pm 83,39$	$52,59 \pm 3,42$

В расчетах выходных показателей процесса шлифования основное значение имеет толщина среза, которая, как показывает сравнение, попадает в 95%-ный доверительный интервал на экспериментальные величины, что говорит об отсутствии влияния сравниваемых способов определения параметров стружки на их величину.

Таким образом, толщина единичного среза, определенная при помощи математической модели шлифования, может быть использована для расчетов выходных показателей процесса.

Выводы

1. Средняя толщина стружек, рассчитанная по толщине среза на базе математической модели процесса шлифования, составляет $4,88 \pm 2,85$ мкм, что сопоставимо со средней толщиной стружек, равной $4,93 \pm 0,21$ мкм, которая определена экспериментально.

2. Параметры срезов, определенные с помощью математической модели, можно использовать для расчетов параметров шероховатости обработанной поверхности, сил резания и т.п.

Список использованных источников: 1. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов / Е.Н. Маслов. – М.: Машиностроение, 1974. – 316 с. 2. Huges F.H. Talking diamond grinding. Pat 5 / F.H. Huges // Tooling. – 1978. – Feb. 3-21. 3. Лурье Г.Б. Устройство шлифовальных станков / Г.Б. Лурье, В.Н. Комисаржевская. – М.: Высшая школа, 1983. – 215 с. 4. Азарова Н.В. Экспериментальное определение параметров радиальных колебаний шлифовального круга, сопровождающих процесс обработки / Н.В. Азарова, В.А. Сидоров, В.П. Цокур // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць. – Краматорськ: ДДМА. – 2011. – № 28. – С. 189-193. 5. Азарова Н.В. Исследование параметров стружки при плоском алмазном шлифовании / Н.В. Азарова, П.Г. Матюха, В.П. Цокур // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. – Донецьк: ДонНТУ. – 2009. – Вип. 6 (154). – С. 9-13. 6. Азарова Н.В. Математическая модель плоского врезного шлифования с вибрациями / Н.В. Азарова // Вестник двигателестроения. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич». – 2005. – №1. – С. 119-123. 7. Байкалов А.К. Геометрические параметры стружки при шлифовании и притирке ЭВМ / А.К. Байкалов, Т.М. Волкова, Е.И. Вал // Синтетические алмазы. – 1972. – № 4. – С. 17-19.

Поступила в редколлегию 14.06.2011

Bibliography (transliterated): 1. Maslov E.N. Teorija shlifovanija materialov / E.N. Maslov. – M.: Mashinostroenie, 1974. – 316 s. 2. Huges F.H. Talking diamond grinding. Pat 5 / F.H. Huges // Tooling. – 1978. – Feb. 3-21. 3. Lur'e G.B. Ustrojstvo shlifoval'nyh stankov / G.B. Lur'e, V.N. Komisarzhvskaja. – M.: Vysshaja shkola, 1983. – 215 s. 4. Azarova N.V. Jeksperimental'noe opredelenie parametrov radial'nyh kolebanij shlifoval'nogo kruga, sprovodzhajuwih process obrabotki / N.V. Azarova, V.A. Sidorov, V.P. Cokur // Nadijnist' instrumentu ta optimizacija tehnologichnih sistem: zb. nauk. prac'. – Kramators'k: DDMA. – 2011. – № 28. – S. 189-193. 5. Azarova N.V. Issledovanie parametrov struzhki pri ploskom almaznom shlifovanii / N.V. Azarova, P.G. Matjuha, V.P. Cokur // Naukovi prac'i Donec'kogo nacional'nogo tehničnogo universitetu. Serija: Mashinobuduvannja i mashinoznavstvo. – Donec'k: DonNTU. – 2009. – Vip. 6 (154). – S. 9-13. 6. Azarova N.V. Matematicheskaja model' ploskogo vreznogo shlifovanija s vibracijami / N.V. Azarova // Vestnik dvigatelestroenija. – Zaporozh'e: OAO «Motor Sich». – 2005. – №1. – S. 119-123. 7. Bajkalov A.K. Geometricheskie parametry struzhki pri shlifovanii i pritirke JeVM / A.K. Bajkalov, T.M. Volkova, E.I. Val // Sinteticheskie almazny. – 1972. – № 4. – S. 17-19.

УДК 621.91

Ю.Н. Внуков, д-р техн. наук, Н.В. Гончар,
Э.В. Кондратюк, канд. техн. наук, Д.Н. Степанов, Запорожье, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНО-АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСТРЫХ КРОМОК ПАЗОВ ТИПА «ЛАСТОЧКИН ХВОСТ»

Запропоновано методи зниження ступеня впливу конструктивних та технологічних концентраторів напружень в небезпечному перерізі міжпазових виступів дисків компресорів з пазами типу «ласточкин хвіст» з жароміцних сплавів на фінішному етапі їх виготовлення. Застосування інструментів на основі полімерно-абразивних волокон та подальших зміцнюючих операцій зменшує концентрацію напружень в ободовій частині дисків в 2 рази.

Предложены методы уменьшения степени влияния конструктивных и технологических концентраторов напряжений в опасном сечении межпазовых выступов дисков компрессоров с пазами типа «ласточкин хвост» из жаропрочных сплавов на финишном этапе их изготовления. Применение инструментов на основе полимерно-абразивных волокон и последующих упрочняющих операций снижает концентрацию напряжений в ободной части дисков в 2 раза.

JU.N. VNUKOV, N.V. GONCHAR, JE.V. KONDRATJUK, D.N. STEPANOV
APPLICATION OF POLYMER-ABRASIVE TOOLS FOR PROCESSING SHARP EDGES OF GROOVES OF TYPE «DOVETAIL»

The technological methods to decrease influence of constructive and technological stress concentrators in dangerous cross-section interslot ledges of compressor disks with the dovetail slots from superalloys at the finishing stage of making was offered. Application of cutting tools on the basis of polymer-abrasive fibers and subsequent hardening operations decreases the stress concentration of the disk rim parts by 2 times.

Одной из основных задач современного авиадвигателестроения является обеспечение прочности и надежности высоконагруженных деталей, ограничивающих ресурс работы газотурбинных двигателей (ГТД). При этом из-за непрерывно возрастающих требований к экономичности и массе двигателей, детали становятся все более тонкостенными и сложнопрофильными. Особый интерес представляют собой диски компрессоров ГТД с пазами типа «ласточкин хвост», имеющие сложную конструктивную форму ободной части, работающие в условиях знакопеременных нагрузок и повышенных температур. Анализ отказов показал, что основной причиной является усталостное разрушение, при чем зарождение усталостных трещин происходит преимущественно в остром углу основания межпазовых выступов (МПВ), которые являются конструктивным концентратором напряжений [1].

Жаропрочные сплавы на никелевой и титановой основе, из которых изготавливаются диски компрессоров ГТД, имеют высокие характеристики прочности и способны сохранять их при длительной эксплуатации в условиях высоких температур, но являются чувствительными к концентрации напряжений. Уменьшение влияния концентраторов является актуальной задачей,