

А. С. Ямников, д-р техн. наук, проф., **О. А. Ямникова**, д-р техн. наук, проф.
Тульский государственный университет, Россия
+7(4872) 25-46-48; E-mail: yamnikovas@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ РЕЗЦАМИ С КЕРАМИЧЕСКИМИ ПЛАСТИНКАМИ

Приведены результаты экспериментов по нарезанию резьбы резцами с керамическими пластинками на стальных заготовках высокой твердости (HRC 52...55). Показано влияние отрицательного переднего угла, величины заглубления резца и подачи на врезание на составляющие силы резания.

Ключевые слова: закаленная заготовка, резьба, керамическая пластина.

A. S. Yamnikov, O. A. Yamnikova

RESEARCH OF POWER PARAMETERS OF PROCESS OF CUTTING CARVINGS CUTTERS WITH CERAMIC PLATES

Results of trial experiments on cutting of a carving by cutters with ceramic plates are given in steel preparations of high hardness (HRC 52 ... 55). Influence of a negative forward corner, size of deepening of a cutter and giving on incision on the making cutting forces is shown.

Keywords: the tempered preparation, a carving, a ceramic plate

1. Введение

Обзор литературы, проведенный авторами, показывает, что в настоящее время работы, посвященные нарезанию резьбы резцами, проводятся отечественными и зарубежными исследователями, но при этом используются твердосплавные пластины проверенных марок.

При нарезании резьбы на закаленных заготовках все ведущие мировые фирмы рекомендуют использовать твердосплавные пластинки с упрочняющим покрытием. Сменные многогранные неперетачиваемые пластинки выпускаются для нарезания различных типов резьбы с полным и неполным профилем [1, 2].

Керамические пластинки обладают значительно большей красностойкостью и твердостью, чем твердосплавные металлокерамические, однако имеют меньшую пластичность и изгибную прочность, т.е. они более хрупки. Высокая твердость основы и ее тугоплавкость предопределяет хорошие режущие свойства керамики, однако изгибная прочность оксидной керамики находится на низком уровне (250-350 Н/мм²). Прочность керамики увеличивают добавлением карбидов металлов, в частности карбида титана (так называемая черная керамика). При этом прочность на изгиб увеличивается до 700-750 Н/мм². ГОСТ 25003-81 «Пластины режущие сменные многогранные керамические. Технические условия» предусматривает изготовление резьбовых пластин (Пластины трехгранной формы с задним углом 7° типоразмеров 01211 TNUN и 01231 TNGN). Однако полный обзор по патентной базе «<http://bankpatentov.ru/featured?>» не дает сведений о применении керамических пластинок для нарезания резьбы. В большом патентном обзоре удалось найти только 2 патента, касающихся керамических пластин [3] и [4], в которых описывается улучшенная геометрия режущей части и сэндвич - спеченную пластинку для повышения прочности керамической части на изгиб.

Кстати китайская фирма ZCC-CT, корейская Taegu Тес и японская TUNGALOY выпускают керамические режущие пластинки на основе Al₂O₃. Из описания приведенных патентов не видно, что рассматриваемые пластины предназначены, в том числе, и

для нарезания резьбы. В японском патенте все приведенные примеры касаются только точения гладких валов.

2. Основное содержание и результаты работы

В Тульском государственном университете с 90-х годов прошлого века ведутся опытные работы по нарезанию резьбы резцами с керамическими пластинками [5]. При нарезании резьбы керамическими пластинками большое значение будет иметь схема вырезания резьбового профиля, т.к. она должна быть максимально производительной, но в то же время и обеспечивающей стабильное резание.

При нарезании резьбы резцом в некоторых случаях используют равносиловую схему резания, при которой на каждом проходе соблюдается постоянство главной составляющей P_z или радиальной составляющей P_y силы резания. В работе [6] показано, что равносиловая по P_y схема вырезания впадины близко совпадает со схемой равного изнашивания и по сравнению с другими схемами резания минимизирует себестоимость операции резьбонарезания. Все эти схемы были с успехом применены для нарезания резьбы твердосплавными пластинками отечественных и зарубежных марок. При выборе схемы резания для пробных экспериментов остановились на равнопрочностной схеме резания [6]. В качестве примера для назначения режимов пробных опытов были взяты данные статьи [5]. В проведенных экспериментах использовалась равнопрочностная схема вырезания впадины (рис. 1.), позволяющая получать профиль резьбы М39×2 за 12 проходов с различной подачей на каждом проходе.

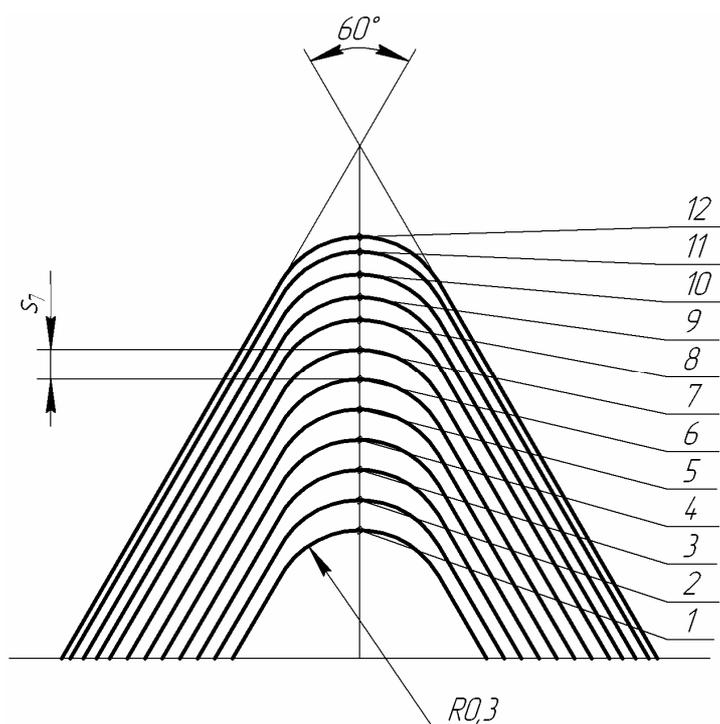


Рис. 1. Схема вырезания впадины

В табл. 1 приведены величины заглубления и подачи врезания на каждом проходе при нарезании резьбы по равнопрочностной схеме вырезания, впадины используемой в эксперименте.

Таблица 1. Величины заглубления и подачи врезания на каждом проходе

№ прохода	Подача S_i , мм	Глубина врезания, t , мм
1	0,125	0,125
2	0,1	0,225
3	0,1	0,325
4	0,1	0,425
5	0,1	0,525
6	0,1	0,625
7	0,1	0,725
8	0,1	0,825
9	0,075	0,9
10	0,075	0,975
11	0,075	1,05
12	0,05	1,1

Многогранные неперетачиваемые пластины типоразмера 19 7612.0352.160403 ГОСТ 25003-81 из режущей керамики ВОК-60 по ГОСТ 26630 – 85 имели радиус на вершине, равный 0,3 мм, задний угол керамических пластин $\alpha=0^\circ$. Упрочняющая фаска имела размеры $f = 0,2\text{мм}$ и $\gamma_f = -20^\circ$ (рис. 2.)

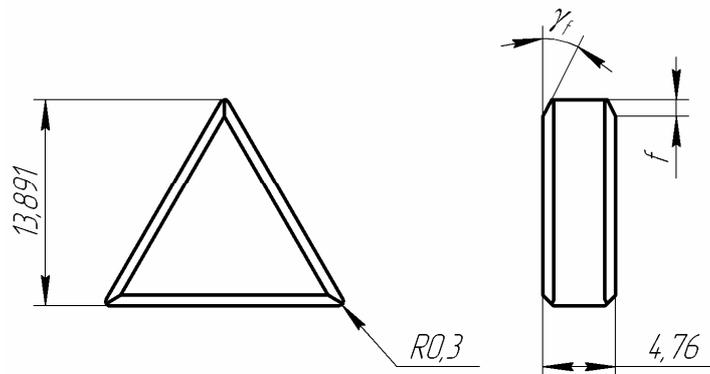


Рис. 2. Режущая пластина (керамика)

На рис. 3 и 4 показаны графики зависимостей составляющих P_z и P_y силы резания для различных проходов по схеме вырезания впадины и переднего угла γ , измеренного в плоскости, перпендикулярной оси заготовки (вектора врезания пластины), и являющегося для стандартных пластин единственным геометрическим параметром, которым можно управлять процессом резания.

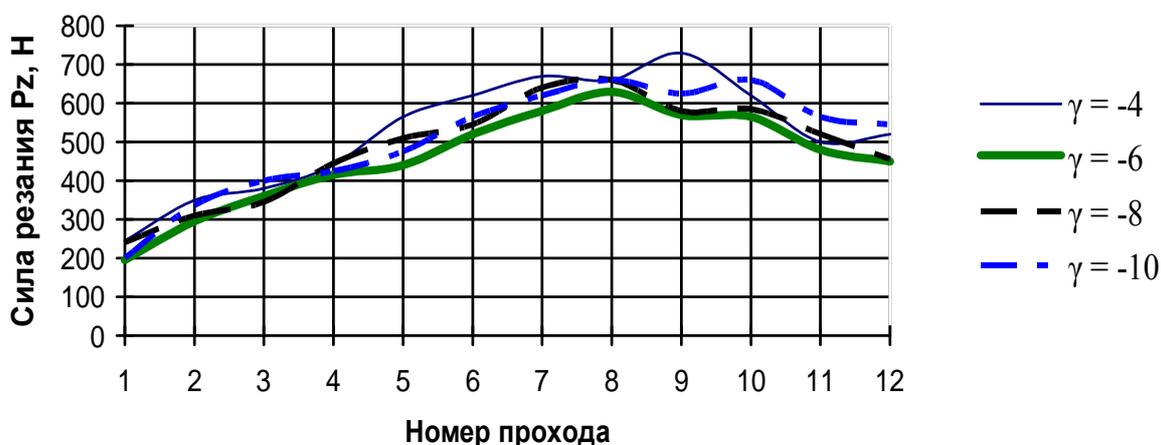


Рис. 3. Зависимость составляющей P_z силы резания от переднего угла на вершине γ и глубины врезания: керамическая стандартная пластина, резца М 39×2, сталь 35ХЗНМ, $V=80$ м/мин, $R=0,3$ мм

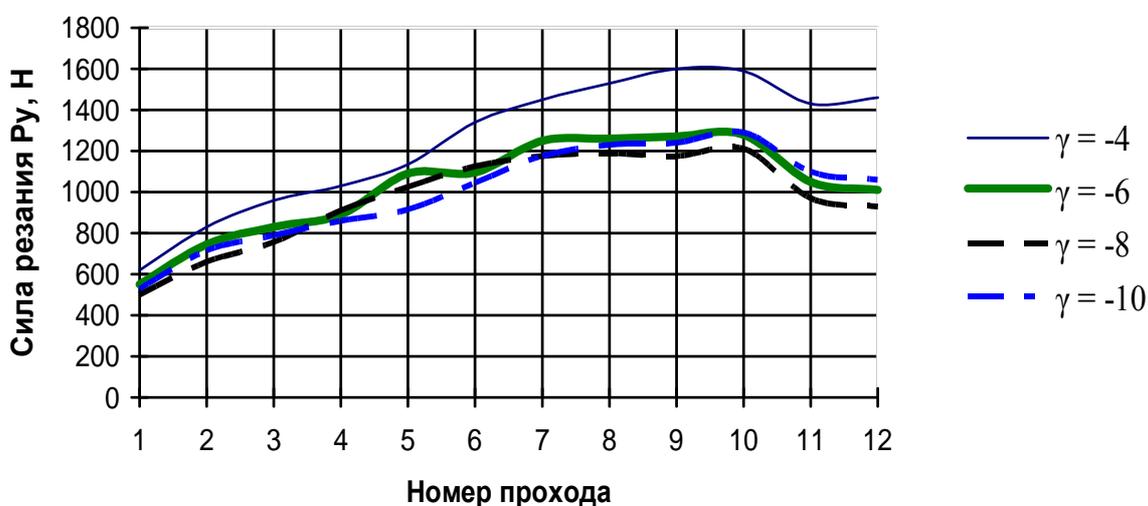


Рис. 4. Зависимость составляющей P_y силы резания от переднего угла на вершине γ и глубины врезания: керамическая стандартная пластина, резца М 39×2, сталь 35ХЗНМ, $V=80$ м/мин, $R=0,3$ мм

Анализ представленных зависимостей показывает, что как сила P_z , так и сила P_y возрастают с увеличением t и достигают наибольшей величины при $t = 0,8 \dots 0,9$ мм. Передний угол γ в исследованном диапазоне t на величину сил P_z и P_y слабо влияет, кроме значения угла $\gamma = -4^\circ$. Это обстоятельство может быть объяснено тем, что с изменением переднего угла происходит равноценное изменение и заднего угла, приводящее к изменению характера протекания процессов на контактных площадках задней поверхности.

При значении переднего угла $\gamma = -4^\circ$ задний угол при вершине равен $\alpha_\delta = 4^\circ$, а на боковых сторонах всего $\alpha_\delta = 2^\circ$. Такое значение заднего угла значительно меньше

рекомендуемых при обработке сталей. Возможно, вследствие упругих деформаций обрабатываемого материала, происходит затирание по задней поверхности и, соответственно, увеличение составляющих силы резания за счет повышенного трения по задней поверхности и упругого восстановления материала.

На рис. 5 представлена зависимость составляющих силы резания на 9 - м проходе от изменения переднего угла.

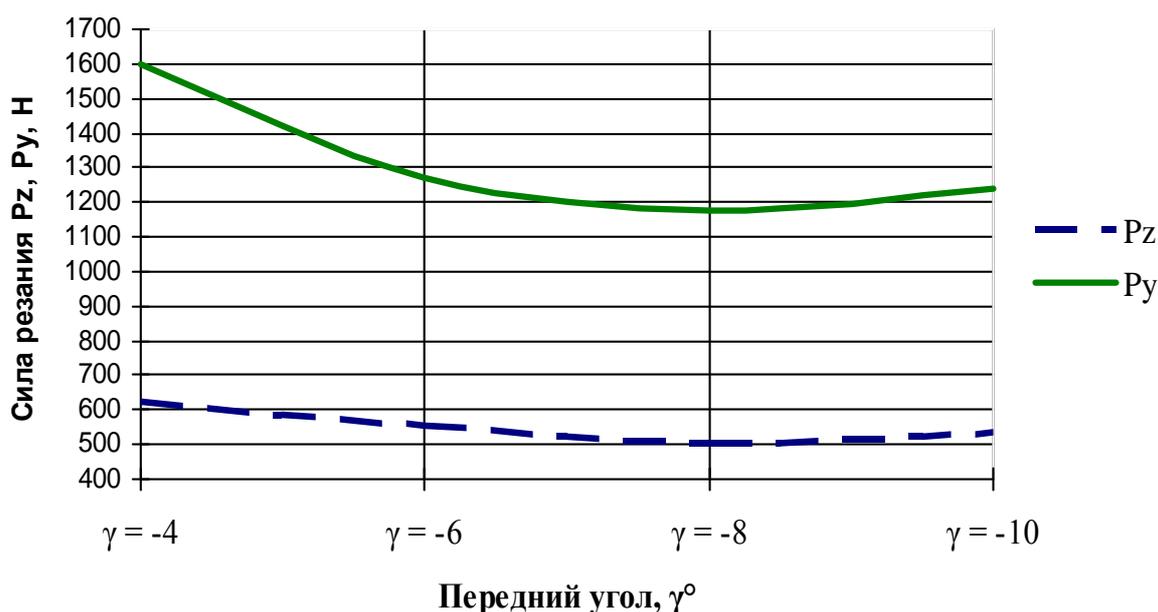


Рис. 5. График влияния переднего угла на составляющие силы резания

Из условия минимизации составляющих силы резания P_z и P_y некоторое предпочтение можно отдать углу $\gamma = -6...-10^\circ$ для керамических пластин, обеспечивающем заметное снижение силы P_y .

Обращает на себя внимание большая величина радиальной силы P_y при резании керамической пластиной по сравнению с главной составляющей P_z , что связано с наличием на ней упрочняющей фаски. Завод технической керамики и ГОСТ 25003-81 допускают изготовление пластинок на заказ с измененными параметрами фаски. Нами были проведены эксперименты по влиянию ширины и угла наклона фаски на силы резания. Принятые параметры показаны в табл. 2.

Таблица 2. Параметры упрочняющей фаски на пластинке

№ опыта	1	2	3	4	5
Параметры пластинки	$f = 0,1\text{мм}$, $\gamma_f = 10^\circ$	$f = 0,3\text{мм}$, $\gamma_f = 10^\circ$	$f = 0,2\text{мм}$, $\gamma_f = 20^\circ$	$f = 0,1\text{мм}$, $\gamma_f = 30^\circ$	$f = 0,3\text{мм}$, $\gamma_f = 30^\circ$

Влияние угла наклона фаски γ_f и ее величины f на силы резания показано на графиках 6 и 7.

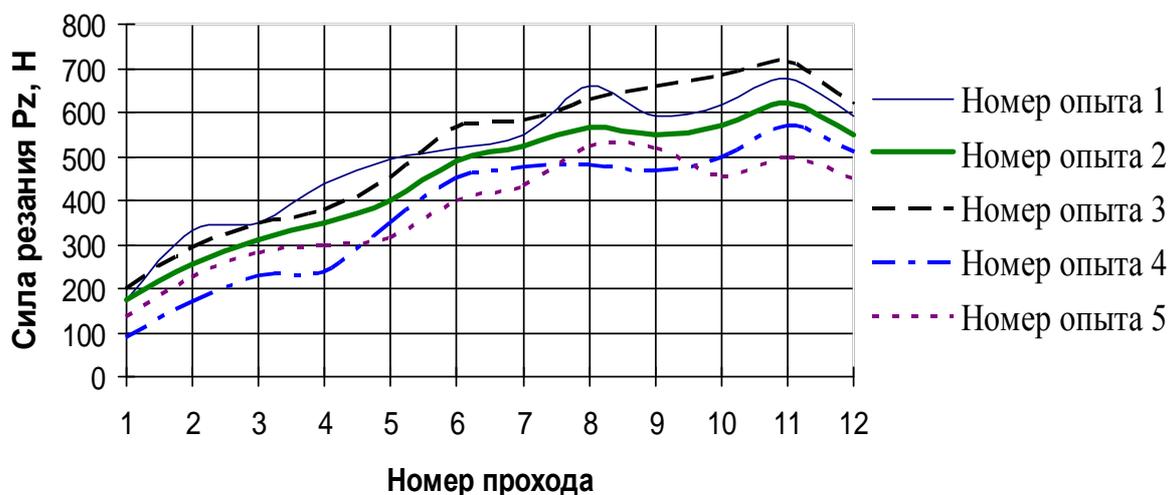


Рис. 6. Величина составляющей силы резания P_z при нарезании резьбы керамическими пластинками, Н, (М39×2, сталь 35Х3НМ, $V=80$ м/мин, $\gamma = -10^\circ$)

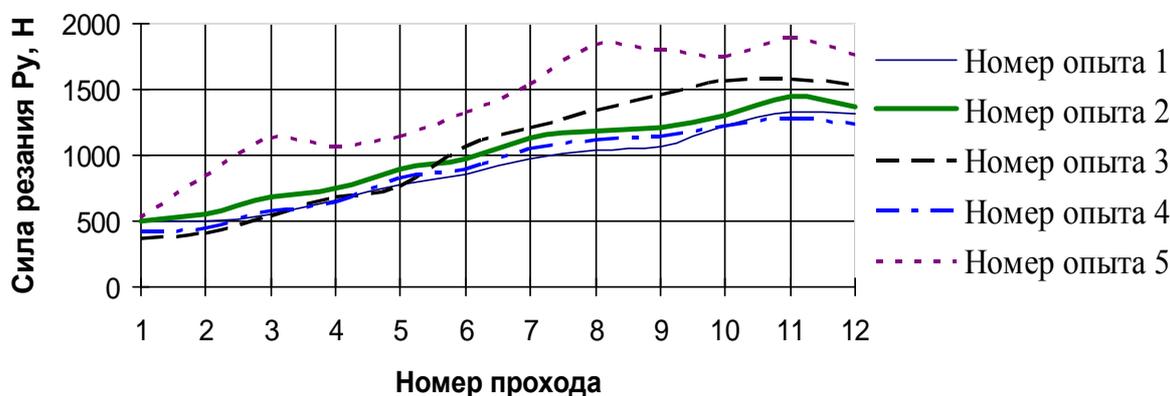


Рис. 7. Величина составляющей силы резания P_y при нарезании резьбы керамическими пластинками, Н (М39×2, сталь 35Х3НМ, $V=80$ м/мин, $\gamma = -10^\circ$)

Едиственной геометрии фаски оптимизирующей одновременно силы P_z и P_y не существует, однако уменьшение ширины фаски и угла ее наклона снижает силу P_y . Сопоставление графиков на рис. 6 и 7 показывает, что при нарезании резьбы керамическими пластинками близкое к минимальному для обеих составляющих силы P_z и P_y дают пластинки в 4-м опыте, т.е. с параметрами $f=0,1$ мм, $\gamma_f=30^\circ$.

Заключение

Установлено, что для нарезания резьбы на закаленных и отпущенных заготовках целесообразно использовать пластинки с нулевым задним углом типоразмера 19 7612.0352.160403 ГОСТ 25003-81 из режущей керамики ВОК-60, устанавливаемые с отрицательным передним углом в державке резца.

Проведенные пробные эксперименты показывают, что режущая керамика может быть использована при нарезании резьбы на закаленных и отпущенных заготовках, причем при скорости резания в 2 раза большей, чем при точении резьбы твердосплавными пластинками известных мировых фирм.

Показано влияние отрицательного переднего угла, размера и угла наклона упорной фаски, величины заглупления резца и подачи на врезание на составляющие силы резания.

Для получения более точных рекомендаций необходимо провести дополнительные исследования влияния геометрии пластинки на её формоустойчивость, а также влияния режимов резания, в том числе и схемы резания, на прочность пластинки, силы резания и стойкость инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. TaeguTec. Резьбонарезной инструмент: каталог.[Электронный ресурс] / URL: <http://www.taegutec.com.ua/uploads/files/file/catalog-2015/C.pdf>. Дата обращения 26 декабря 2015г.

2. A. S. Yamnikov, A. O. Chuprikov and A. I. Khar'kov. Extending Tool Life in Buttress-Thread Cutting on High-Strength Blanks / ISSN 1068-798X, Russian Engineering Research, 2015, Vol. 35, No. 12, pp. 953–956. © Allerton Press, Inc., 2015. DOI 10.3103/S1068798X15110179.

3. Патент РФ на полезную модель №: 110015 МПК: В23С. Режущая пластина из керамики / Кузин В. В., Федоров С. Ю., Федоров М. Ю. Дата публикации: 10 ноября 2011.

4. Патент на изобретение №: 2104826 МПК: В23В. Режущая пластина из спеченного изделия и способ ее изготовления / Сумитомо Электрик Индастриз, Лтд (JP). Дата публикации: 20 февраля 1998.

5. Ямников А. С., Спиридонов Э. С. Нарезание резьб на высокопрочных труднообрабатываемых заготовках резцами из твердых сплавов и керамики / Доклады междунар. конф. по инструменту. ВНР, Мишкольц, 1989, часть 1, - С. 299-306.

6. Бобров В. Ф. Многопроходное нарезание крепежных резьб резцом / В. Ф. Бобров. - М.: Машиностроение, 1982. - 104 с.

Поступила в редколлегию 22.12.2015 г.