

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЗАКРЫТЫХ ПРОФИЛЬНЫХ ПАЗОВ**

Нечепаев В.Г., Гнитько А. Н.

Донецкий национальный технический университет

*Виконано теоретичне дослідження процесу видалення стружки при фрезеруванні пазів з її утрудненим відводом. Розроблено методика проведення експериментальних досліджень процесу видалення стружки. Проведені експериментальні дослідження процесу видалення стружки.*

Значительным резервом повышения производительности фрезерования закрытых и полузакрытых профильных (Т-образных, типа “ласточкин хвост” и т.п.), а также других пазов с затрудненным отводом стружки (далее ПЗОС), является устранение ограничения по фактору наличия не удаленной стружки в зоне обработки [1 и др.]. Эффективным вариантом устранения этого ограничения является принудительное удаление стружки при помощи устройств, использующих гидродинамический потенциал напорных струй жидкости, водовоздушной смеси и т.д. [2]. В то же время, теоретические основы создания таких устройств не установлены.

Для создания устройств [3], обеспечивающих принудительное удаление стружки при фрезеровании ПЗОС, выполнены теоретические исследования процессов накопления и удаления стружки при их обработке. С использованием методологии системного подхода и принятых допущений [4] разработаны 5 математических моделей (ММ), описывающих различные этапы рабочего процесса таких устройств.

1. ММ1 исследования заполнения стружкой пространства между зубьями фрезы в процессе резания, позволяющая определить количество оборотов фрезы, соответствующее полному заполнению пространства между зубьями.

Анализ ММ1 позволил установить, что заполнение пространства между зубьями фрезы происходит достаточно быстро, в среднем за 2-5 оборотов (в зависимости от условий обработки).

2. ММ2 исследования перемещения элемента стружки вдоль передней поверхности зуба фрезы под действием инерционных сил и гидродинамической силы принудительного воздействия, позволяющая определять мгновенное значение скорости перемещения элемента

стружки в результате инерционного и (или) принудительного воздействия на него в пределах инструмента (фрезы).

Анализ этой модели позволил установить, что при обработке сталей и чугунов в рекомендуемом диапазоне геометрических параметров и режимов [5, 6] в 30...100 % случаев отсутствует возможность самоудаления элементов стружки за счет сил инерции.

3. ММЗ исследования перемещения элемента стружки вдоль паза под действием гидродинамической силы принудительного воздействия [7], позволяющая определять расстояние, на которое перемещается элемент стружки в результате принудительного воздействия на него струи рабочей жидкости за пределами фрезы.

4. Технологические операции фрезерования Т-образных пазов структурно обычно состоят из двух переходов – предварительной обработки (фрезерование прямоугольного паза дисковой или концевой фрезой) и окончательной обработки (фрезерование Т-образной фрезой). При обработке Т-образной фрезой отделенная стружка располагается с обеих сторон фрезы – в прямоугольном пазу (рис. 1 а) и в получаемом Т-образном (рис. 1 б).

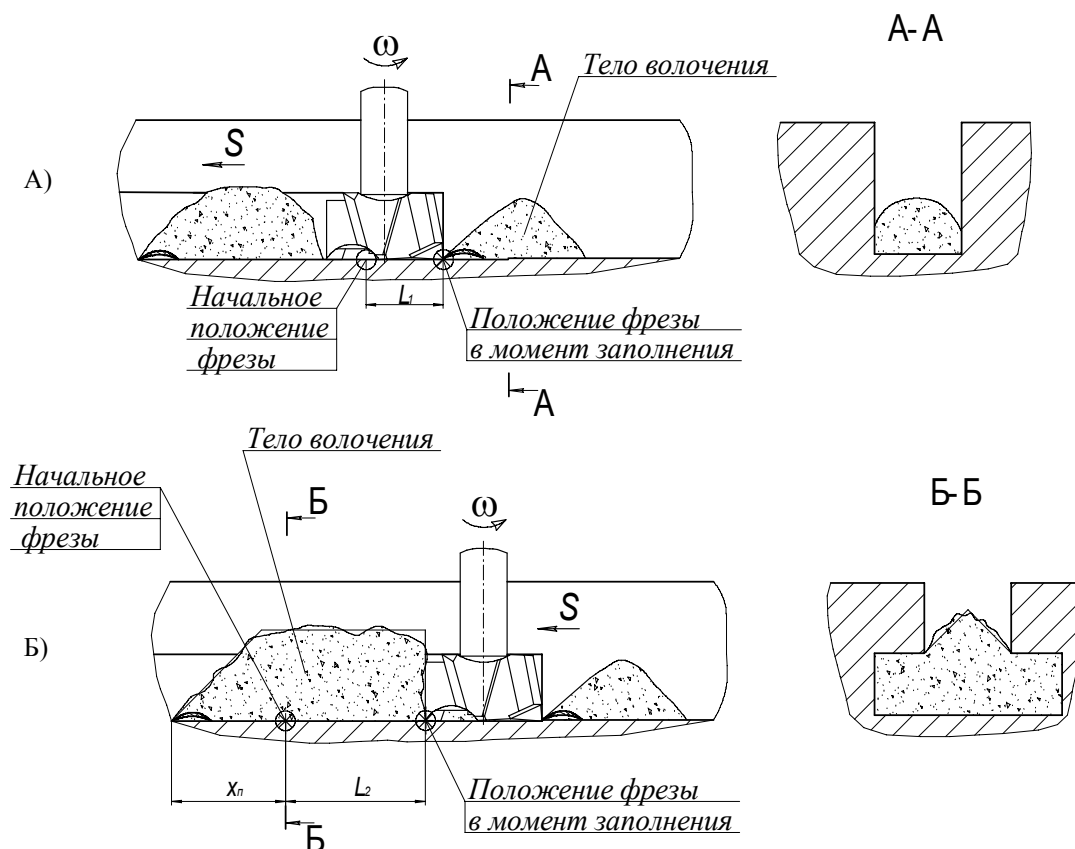


Рис. 1. Схема заполнения стружкой пазов при их фрезеровании: а) прямоугольного паза; б) Т-образного паза

ММ4 исследования процесса заполнения стружкой пространства пазов [8], позволяющая устанавливать продолжительность заполнения каждого из указанных пазов.

Выполненный анализ ММ4 позволил установить, что стружка заполняет пространство каждого из пазов через 10 – 30 мм обработки.

5. В случае несвоевременного удаления элементов стружки из них формируются тела волочения значительной длины (рис. 1).

Для определения потребного значения силы принудительного воздействия на тело волочения для его перемещения разработана математическая модель ММ5 [9].

Выполненный анализ ММ5 позволил установить, что сила принудительного воздействия на тело волочения возрастает нелинейно. Так, при увеличении длины тела волочения в 2 раза, значение силы возрастает почти в 10 раз.

На основе приведенных моделей разработана методика определения рациональных параметров устройств принудительного удаления стружки и установлены их значения.

Для подтверждения эффективности разработанных устройств удаления стружки выполнены комплексные экспериментальные исследования.

Методика проведения указанных экспериментальных исследований определяет следующие их основные направления.

1. Исследование формирования силовых факторов при реализации рабочего процесса фрезерования ПЗОС.

2. Исследование износа рабочих поверхностей режущего инструмента при реализации рабочего процесса фрезерования ПЗОС.

3. Определение эффективности устройств удаления стружки.

В качестве дифференциальных характеристик эффективности устройств принудительного удаления отделенной стружки приняты:

- силы резания, формирующиеся на рабочих поверхностях режущего инструмента (наличие циркулирующей стружки обуславливает возрастание сил резания);

- износ рабочих поверхностей режущего инструмента (наличие циркулирующей стружки обуславливает повышенный износ).

В качестве интегральных показателей эффективности устройств принудительного удаления отделенной стружки приняты:

- производительность фрезерования;

- качество обработки пазов. Качество обработки в данном случае характеризуется точностью размерной обработки и значением параметров состояния поверхностного слоя.

Важным аспектом планирования проведения экспериментальных исследований является выбор условий их проведения.

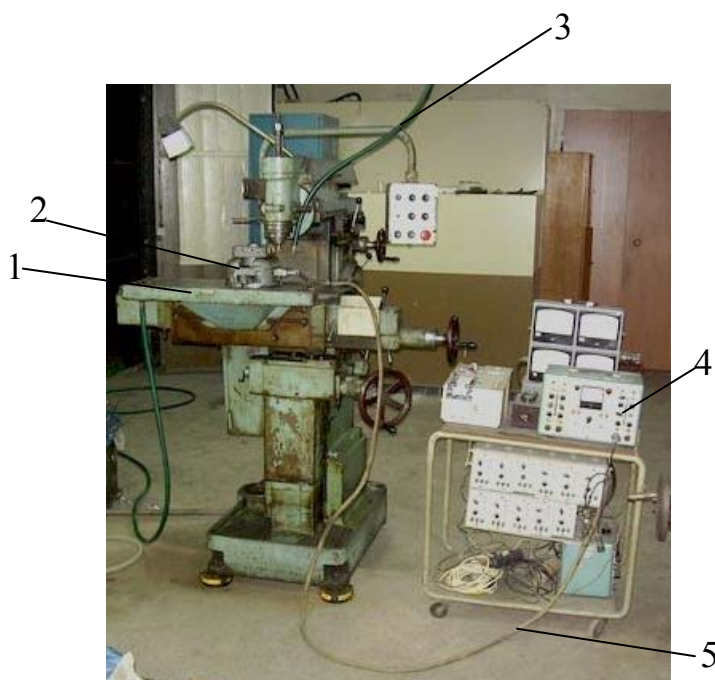


рис. 2. Общий вид стенда для проведения экспериментальных исследований (1 – фрезерный станок 6М76П-1; 2 – динамометр УДМ600; 3 – устройство принудительного удаления стружки; 4 – регистрирующий комплекс; 5 – линии передачи сигналов)

Наиболее представительными условиями проведения экспериментальных исследований, связанных с механической обработкой, являются натурные условия, предусматривающие использование:

- полноразмерного станочного оборудования;
- стандартного режущего инструмента;
- заготовок из рекомендуемых стандартных материалов;
- интенсивных режимов обработки и др.

Указанным требованиям отвечает стенд, созданный в ДонНТУ (рис. 2).

Результаты экспериментальных исследований показали, что своевременное удаление стружки из пространства между зубьями фрезы  $\varnothing 21$  позволяет повысить производительность обработки Т-образной фрезой в 2 раза (увеличение подачи от 100 до 200 мм/мин).

Результаты измерений параметра шероховатости боковых поверхностей обработанных пазов показали, что его значение не выходит за пределы, установленные стандартом.

Результаты измерений износа по задней поверхности зубьев Т-образной фрезы показали, что:

- при обработке “всухую” без удаления стружки (фрезы  $\varnothing 21$  мм из быстрорежущей стали, материал заготовки Сталь 45, паз 12,  $n = 315$  об/мин;  $S_m = 160$  мм/мин) время обработки паза составляет 3-5 минут, после чего происходила их поломка;

- при обработке с поливом водой (с целью охлаждения зоны резания при тех же условиях обработки) время обработки паза составляет 7-10 минут, после чего происходила поломка зубьев;

- при обработке с полным удалением стружки (из пространства между зубьями фрез и из паза) наблюдалась стабильная обработка заготовки в течение 30-35 минут до возникновения износа величиной 0,3-0,4 мм.

#### **Выводы.**

1. Выполнены теоретические исследования процесса удаления стружки при фрезеровании пазов с ее затрудненным отводом.

2. Проведены экспериментальные исследования процесса удаления стружки, позволившие подтвердить адекватность разработанных теоретических положений.

3. Своевременное удаление стружки из пространства между зубьями фрезы  $\varnothing 21$  позволяет повысить производительность резания Т-образной фрезой в 2 раза (увеличение подачи от 100 до 200 мм/мин) при сохранении требуемого качества обработки поверхностей паза.

Результаты измерений износа зубьев Т-образной фрезы по задней поверхности показали, что при удалении стружки из зоны резания работоспособность режущего инструмента увеличивается примерно в 3 раза по сравнению с обработкой поливом и в 6 раз по сравнению с обработкой “всухую” (без применения смазочно-охлаждающего технологического средства).

#### **Литература:**

1. Родин П. Р. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд.- во, 1986. – 455 с.
2. Нечепав В.Г., Гнисько А.Н. Предпосылки создания технологических систем с комплексным использованием СОТС// ИНЖЕНЕР: студенческий научно-технический журнал / Донецк: ДонГТУ, 2000. - № 1. С. 74-77.
3. Пат. 68794 А України, 7 В23Q11/02, В23Q11/10. Різальний інструмент: В.Г. Нечепав, Т.Г. Івченко, О.М. Гнисько (Україна).-

№ 2003109627; Заявл. 27.10.2003; Опубл. 16.08.2004, Бюл. №8. – 3 с.

4. Нечепаяев В. Г., Гнисько А. Н. Математична модель переміщення стружки різальним інструментом при фрезеруванні закритих профільних пазів. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Випуск 92. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – С. 72-82.
5. ГОСТ 7063 – 72 (СТ СЭВ 115 – 79, СТ СЭВ 4632 – 84) Фрезы для обработки Т-образных пазов. Технические условия. – М.: Изд. стандартов, 1985.
6. ГОСТ 10673 – 75 Фрезы с напаянными твердосплавными пластинами для обработки Т-образных пазов. Технические условия. – М.: Изд. стандартов, 1985.
7. Нечепаяев В., Гнисько А. Математическая модель эвакуации стружки при фрезеровании закрытых профильных пазов // Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare. Vol. 4. Chisinau, Universitatea tehnica a Moldovei, 2005, p. 197 - 182.
8. Нечепаяев В. Г., Гнисько А. Н. Исследование процесса заполнения закрытых профильных пазов стружкой при их фрезеровании // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2005. Вып. 29. - С. 229-238
9. Нечепаяев В. Г., Гнисько А. Н. Разработка математической модели удаления стружки напорными струями СОТС при фрезеровании Т-образных пазов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2002. Вып. 21. - С.146-150.