

## ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА НАКОПЛЕНИЯ СТРУЖКИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПРОФИЛЬНЫХ ПАЗОВ

Чистяков А. В.<sup>1</sup> (ДонНТУ, Донецк, Украина)

В течение одного оборота, совершаемого зубом фрезы при обработке заготовки, прослеживаются две четко разделимые фазы:

- фаза 1 (участки ВС и DA, рис. 1) – непосредственная обработка поверхностей (отделение стружки);
- фаза 2 (участки АВ и CD, рис. 1) – перемещение зуба без обработки (отсутствие отделения стружки).

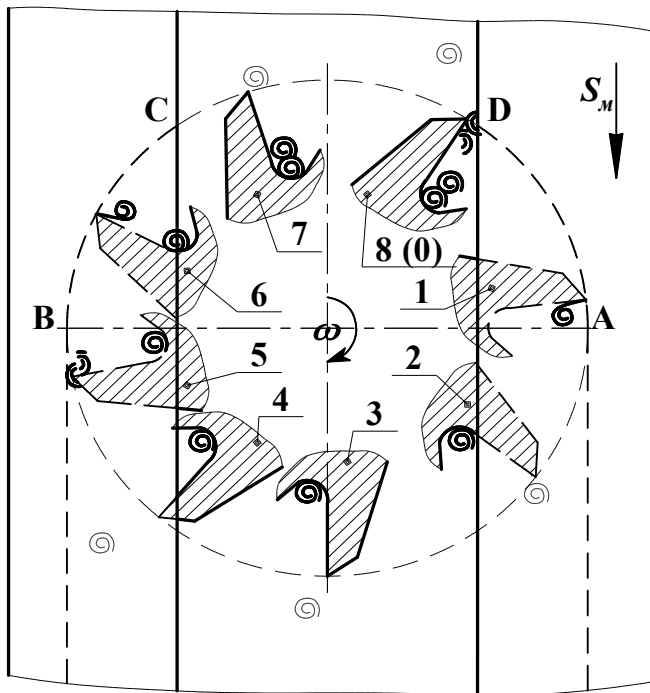


Рис. 1. Схема перемещения элемента стружки в пространстве между зубьями фрезы (1...8 - положения зуба в течение одного оборота фрезы)

обработки, он разрушается в результате повторного резания – положения зуба 5 и 8.

Как установлено в результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований [1, 2], в 30...100% случаев (в зависимости от обрабатываемого материала) для рекомендованных стандартами [3, 4] режимных и конструктивных параметров Т-образных фрез, элемент стружки перемещается в направлении от периферии фрезы к ее центру. То есть, направление его перемещения при этом противоположно необходимому для удаления из пространства между зубьями фрезы – положения зуба 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (элемент стружки применительно к этой ситуации показан основными линиями). В случае, когда отделенный элемент стружки в течение половины одного оборота фрезы (на участке АВ) не покинул пространство между

По завершению фазы 1 (положение зуба 1, рис. 1) элемент стружки, отделенный зубом фрезы, имеет возможность перемещаться в двух противоположных направлениях в зависимости от соотношения действующих в рассматриваемой системе (фреза, элемент стружки, поверхности обрабатываемого паза) сил:

- от центра фрезы к ее периферии;
- от периферии фрезы к ее центру.

При перемещении элемента стружки от центра к периферии (в зависимости от значения действующих в рассматриваемой системе сил), он либо покидает пространство между зубьями фрезы (элемент показан тонкими линиями) – положения зуба 2, 3, 4, 7, либо остается в этом пространстве (элемент показан основными линиями). При попадании в зону

<sup>1</sup> Под руководством ас. Гнитько А. Н.

зубьями фрезы, к нему (на участке ВС) добавляется очередной отделенный элемент стружки – положения зуба 7 и 8.

В течение последующих оборотов фрезы в пространство между зубьями поступает вновь отделяемые элементы стружки.

Таким образом, процесс резания в 30...100% случаев для рекомендованных стандартами [3, 4] режимных и конструктивных параметров Т-образных фрез сопровождается циркуляцией стружки (вращение отделенной стружки вместе с инструментом, рис. 2) и ее разрушением в результате повторного резания, что определяет возрастание сил резания и удельных энергозатрат, повышенный износ режущих кромок зубьев и снижение качества обрабатываемых поверхностей. В конечном итоге, это обуславливает снижение режимов обработки и ограничение производительности фрезерования.

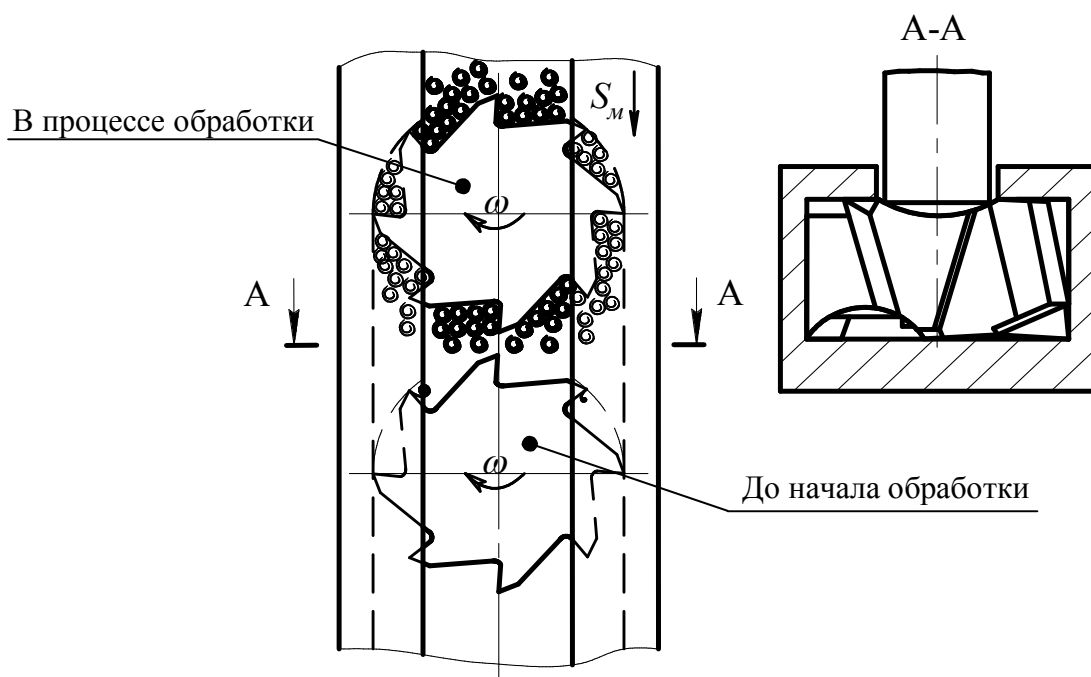


Рис. 2. Схема накопления стружки в пространстве между зубьями фрезы

Из приведенного анализа следует, что в 30...100% случаев обработки Т-образных пазов (когда элемент стружки не покидает пространство между зубьями фрезы за счет сил, имеющих место при реализации рабочего процесса) для обеспечения эффективной обработки к элементу стружки необходимо приложить дополнительное воздействие. Для минимизации этого воздействия его направление и величина должны быть оптимальными.

В случае, когда элементы стружки перемещаются от центра фрезы к ее периферии под действием сил, имеющих место в рассматриваемой системе (без приложения дополнительного принудительного воздействия), они покидают пространство между зубьями инструмента и накапливаются как в предварительно обработанном прямоугольном пазу, так и в обрабатываемом Т-образном пазу (рис. 3).

*Накопление элементов стружки в предварительно обработанном прямоугольном пазу* (рис. 3а). Те элементы стружки, которые (покинув пространство между зубьями фрезы под действием сил, имеющих место в рассматриваемой системе, без

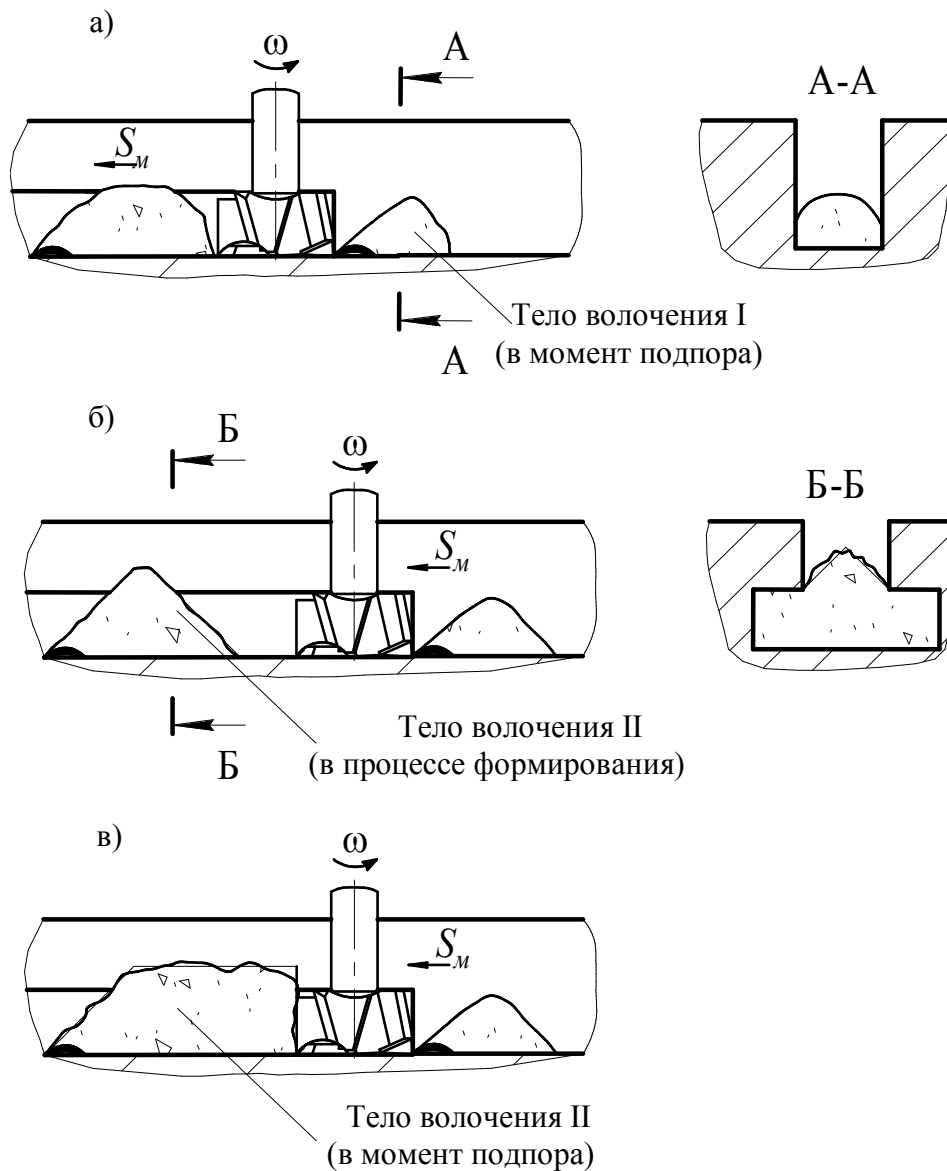


Рис. 3. Схемы накопления стружки в пазах:  
 а) формирование тела волочения I в прямоугольном пазу с дальнейшим возникновением подпора фрезе;  
 б) формирование тела волочения II в обрабатываемом профильном Т-образном пазу  
 в) возникновение подпора фрезе со стороны тела волочения II в обрабатываемом профильном Т-образном пазу

дополнительного принудительного воздействия) оказываются в прямоугольном пазу, накапливаются в нем с образованием тела волочения I (рис. 3а). Указанное тело вместе с заготовкой движется, в соответствии с направлением подачи, навстречу фрезе, «наезжая» на нее и осуществляя подпор. Это обуславливает повторное попадание элементов стружки (из которых состоит тело волочения I) в пространство между зубьями, что определяет их циркуляцию и разрушение.

*Накопление элементов стружки в обрабатываемом Т-образном пазу.* Те элементы стружки, которые (покинув пространство между зубьями фрезы под действием сил, имеющих место в рассматриваемой системе, без дополнительного принудительного воздействия) оказываются в обрабатываемом Т-образном пазу, накапливаются в нем с образованием тела волочения II (рис. 3б). Указанное тело вместе с заготовкой удаляется (в соответствии с направлением подачи) от фрезы. Поскольку плотность стружки ( $\rho = 1 \text{ г/см}^3$  – для стальной,  $\rho = 1,5 \text{ г/см}^3$  – для чугунной) существенно меньше плотности материала обрабатываемой заготовки ( $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$  – для стали и чугуна), то, как показывают выполненные теоретические и экспериментальные исследования для рекомендованных стандартами [3, 4] режимных и конструктивных параметров Т-образных фрез, длина тела волочения увеличивается существенно быстрее, чем увеличивается расстояние от тела до фрезы. То есть, прирост длины тела превышает увеличение расстояния от него до фрезы. В определенный момент времени прирост длины тела волочения начинает превышать расстояние, на которое фреза удаляется от него, создавая, таким образом, подпор фрезе со стороны тела волочения (рис. 3в). Поэтому элемент стружки, перемещающийся в направлении от центра к периферии фрезы под действием сил, имеющих место в рассматриваемой системе, без дополнительного принудительного воздействия, не может покинуть её пределы. Это приводит к повторному попаданию элементов стружки в зону обработки, циркуляции, их разрушению зубьями фрезы, а в результате – к ограничению производительности фрезерования.

Из приведенного анализа следует, что даже в тех случаях, когда элементы стружки покидают пространство между зубьями фрезы за счет сил, имеющих место в рабочем процессе (без приложения дополнительного принудительного воздействия) и оказываются в предварительно обработанном прямоугольном и в обрабатываемом Т-образном пазах, это не обеспечивает эффективной обработки профильных пазов. Это объясняется тем, что накапливаясь в пазах элементы стружки формируют тела волочения, которые вызывают подпор инструменту и препятствуют покиданию отделенных элементов стружки из пространства между зубьями фрезы. Это приводит к повторному попаданию элементов стружки в зону обработки, циркуляции, их разрушению зубьями фрезы, а в результате – к ограничению производительности фрезерования.

Поэтому, для обеспечения эффективной обработки необходимо применить к телам волочения дополнительное принудительное воздействие.

В результате анализа общих закономерностей накопления стружки при фрезеровании профильных пазов установлена необходимость в осуществлении дополнительного принудительного воздействия на элементы стружки с целью их удаления из пространства между зубьями фрезы и из пространства паза. Такое воздействие направлено на устранение ограничения производительности резания по фактору наличия стружки в зоне обработки пазов. Однако, применительно к обработке профильных пазов, системы дополнительного принудительного воздействия, теоретические основы функционирования и методики определения их режимных параметров не установлены.

Поэтому, существует практическая потребность в создании соответствующей системы принудительного удаления стружки, выполнении теоретических и экспериментальных исследований и разработки методики определения оптимальных режимных параметров ее функционирования.

### **Вывод.**

Выполнен анализ общих закономерностей накопления стружки при фрезеровании профильных пазов, в результате которого установлена необходимость в осуществлении дополнительного принудительного воздействия на элементы стружки с целью их удаления из пространства между зубьями фрезы и из пространства паза.

**Список литературы:** 1. Нечпаев В. Г., Гнитько 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. 2. Нечпаев В.Г., Гнитько А.Н. Результаты экспериментальных исследований фрезерования профильных пазов // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, вип. № 20, 2006. – с. 255-261. 3. ГОСТ 7063 – 72 (СТ СЭВ 115 – 79, СТ СЭВ 4632 – 84). Фрезы для обработки Т-образных пазов. Технические условия. – М.: Изд. стандартов, 1985. 4. ГОСТ 10673 – 75. Фрезы с напаянными твердосплавными пластинами для обработки Т-образных пазов. Технические условия. – Взамен ГОСТ 10673–63; введ. 01.01.77. – М.: Изд. стандартов, 1978. – 8 с.