

дробление стружки при продольном наружном точении. При этом установлено, что для поддержания необходимой интенсивности вибраций при изменении осевой составляющей силы резания  $P_x$  от 350 Н до 650 Н жесткость упругих элементов  $j_s$  должна соответствовать диапазону 200–350 Н/мм.

Полученные при моделировании расчетные траектории движения вершины режущей кромки соответствуют траекториям, записанным на виброграммах при проведении экспериментальных исследований (рис. 4.) с помощью измерительного комплекса.

Адекватность совпадения траекторий была проверена и подтверждена посредством методов математической статистики [4, 5].

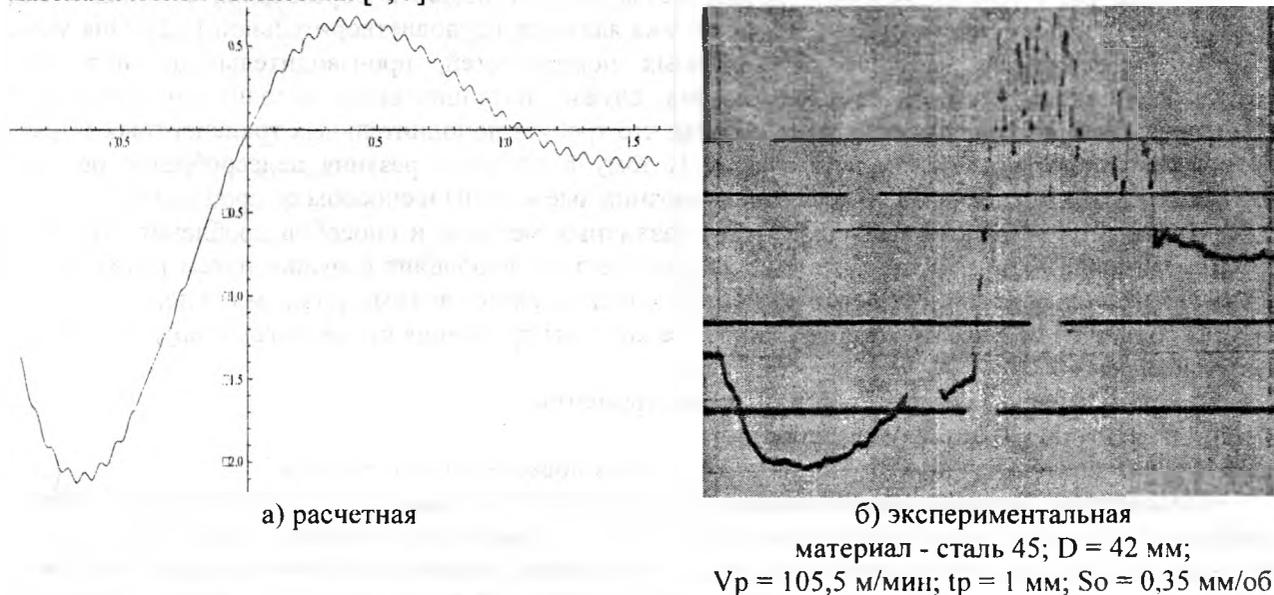


Рис. 4. – Траектории движения вершины режущей кромки инструмента при продольном наружном точении

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: учеб. для машиностроит. и приборостроит. спец. вузов. / Н.Н. Никитин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 607 с.
2. Бутенин Н.В. Курс теоретической механики: учеб. для вузов / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. – СПб.: Лань, 2002. – 736 с.
3. Крылов Н.М. Введение в нелинейную механику / Н.М. Крылов, Н.Н. Боголюбов. – Киев: АН УССР, 1937. – 366 с.
4. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных / Н. Джонсон, Ф. Лион; пер. с англ. Е.Г. Коваленко [и др.]; под ред. Э.К. Лецкого. – М.: Мир, 1980. – 610 с.
5. Кринецкий И.И. Основы научных исследований / И.И. Кринецкий. – Киев: Вища шк., 1981. – 210 с.

УДК 621.941.1

Шелег В.К., Данильчик С.С.

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ СТРУЖКОДРОБЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Беларусь*

*Рассмотрены классификации методов и способов дробления стружки в процессе токарной обработки, предложенные разными авторами, проведен сравнительный анализ методов и способов стружкодробления с постоянными и переменными параметрами процесса резания, в том числе способов вибрационного резания. Предложен метод точения с наложением на традиционную схему резания направленных асимметричных колебаний режущего инструмента. Установлено влияние коэффициента асимметрии цикла колебаний инструмента на толщину срезаемого слоя.*

Обработка материалов резанием является одним из основных видов обработки деталей. Процесс резания сопровождается образованием стружки различной формы и размеров. Понятие о благоприятной форме стружки для разных типов производства не является одинаковым. Оптимальной считается стружка в виде элементов цилиндрической или конической спирали длиной 50 – 150 мм для единичного и серийного производства, и 30-80 мм для массового производства. Хорошей и удовлетворительной стружкой в зависимости от типа производства, сложности оборудования можно считать непрерывную спиральную и крупнодробленую в виде отдельных колец и полуколец. Но в любых условиях производства следует избегать образования стружки в виде прямой ленты или путаной стружки. Такая стружка является неудовлетворительной [1,2]. Она может привести к снижению качества обработанных поверхностей, производительности обработки, затрудняет процесс удаления из зоны резания, служит потенциальным источником травматизма рабочих. Кроме того, она имеет большой объем, что требует дополнительных транспортных затрат и увеличения площади для ее складирования. Потому в процессе резания целесообразно получать дробленую стружку, для чего применяются всевозможные методы и способы ее дробления.

Целью данной работы является анализ различных методов и способов дробления стружки в процессе точения деталей. В работе показана перспектива дробления стружки путем наложения на подачу инструмента дополнительных колебательных движений с асимметричным циклом.

По одной из первых классификаций [3] все способы дробления стружки группируются по трем направлениям:

1. Применение специального режущего инструмента.
2. Изменение кинематики резания.
3. Предварительная подготовка обрабатываемых поверхностей заготовки.

Проведенное группирование способов было полезным шагом в систематизации методов дробления стружки. Однако практика металлообработки требовала создания таких классификаций, которые смогли бы на основе принятых классификационных признаков облегчить ориентирование в этой области знаний. Так классификация, предложенная группой авторов Пермского политехнического института, предполагает в качестве основного классификационного признака первичные (исходные) условия дробления стружки [4]. Классификация предусматривает три метода дробления стружки: кинематический, динамический (силовой) и метод, связанный с предварительной подготовкой поверхности (рис. 1.). Главным недостатком данной классификации является ее недостаточная информативность. Многие известные в 70-е годы способы дробления стружки, например, связанные с регулированием режимов резания и геометрии режущего инструмента, применением многозубых и многолезвийных инструментов, тепловым воздействием, авторами даже не рассматривались. Не проводилось дальнейшего деления и внутри групп.

Классификация способов дробления стружки, предложенная в [5], охватывает практически все способы, известные в те годы. В качестве классификационного признака предлагается соответствие или несоответствие рассматриваемых способов классической схеме точения. Если рассматриваемые способы дробления сливной стружки сохраняют постоянство кинематических параметров обработки, целостность обрабатываемых поверхностей и постоянство контактирования привершинной части резца со стружкой, то их относят к основному классу. Он включает дробление при помощи экранов, мельниц, отсекателей, упоров, обработку резцами с лунками и порошками, отрыв стружки, щелевой отвод стружки и другие способы. Если же такое постоянство нарушается хотя бы по одному из признаков, то соответствующие способы относятся к производному классу. Эти способы основаны на нарушении целостности обрабатываемой поверхности или поверхности резания, непостоянстве участка контакта резца со стружкой, прерывности точения, неравномерности движения резца или детали. Данная классификация обеспечивает полное представление о способах стружкодробления. Но деление способов на основные и производные не является удачным. Некоторые способы, входящие в основную группу (к примеру, с использованием мельниц, отрывных валков, щелевых дробителей), применяются редко, а широко используемые способы дискретного и осциллирующего резания считаются производными.

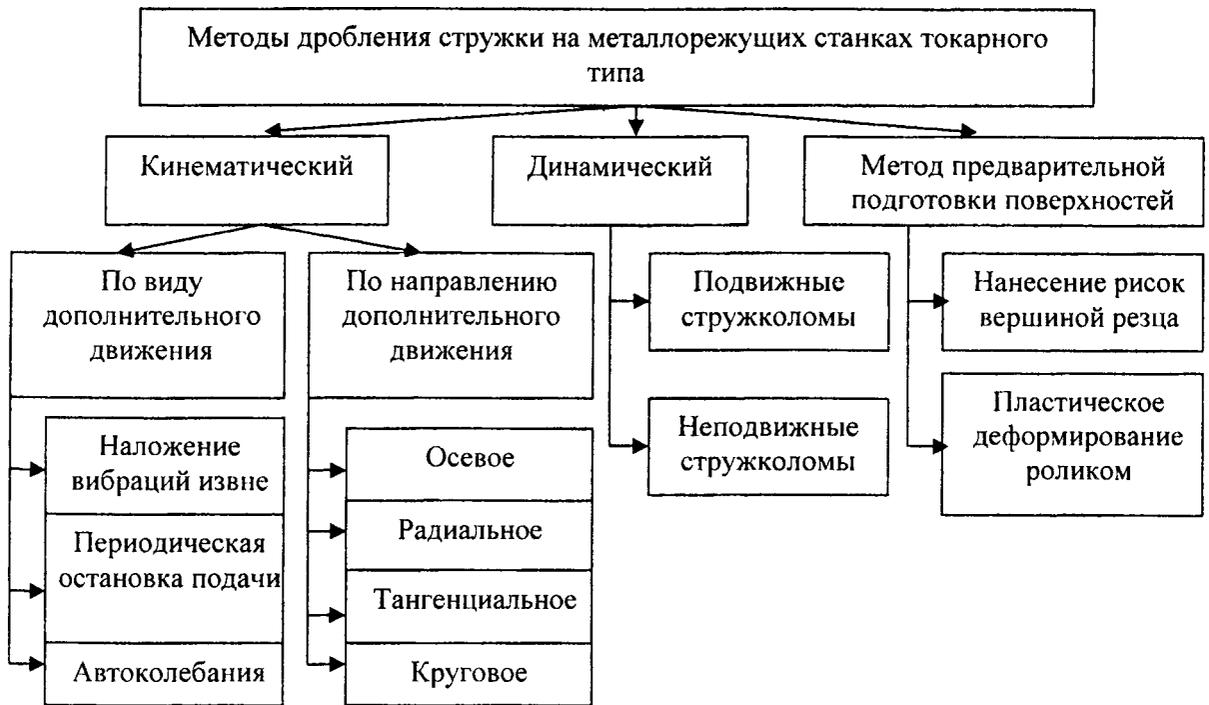


Рис. 1. - Методы дробления стружки на токарных станках [4]

По классификации, представленной на рис. 2., предложенной Ахметшиным Н.И. и его коллегами, дробление стружки может осуществляться путем предварительной подготовки материала до процесса обработки, непосредственно на станке и за пределами станка [6].

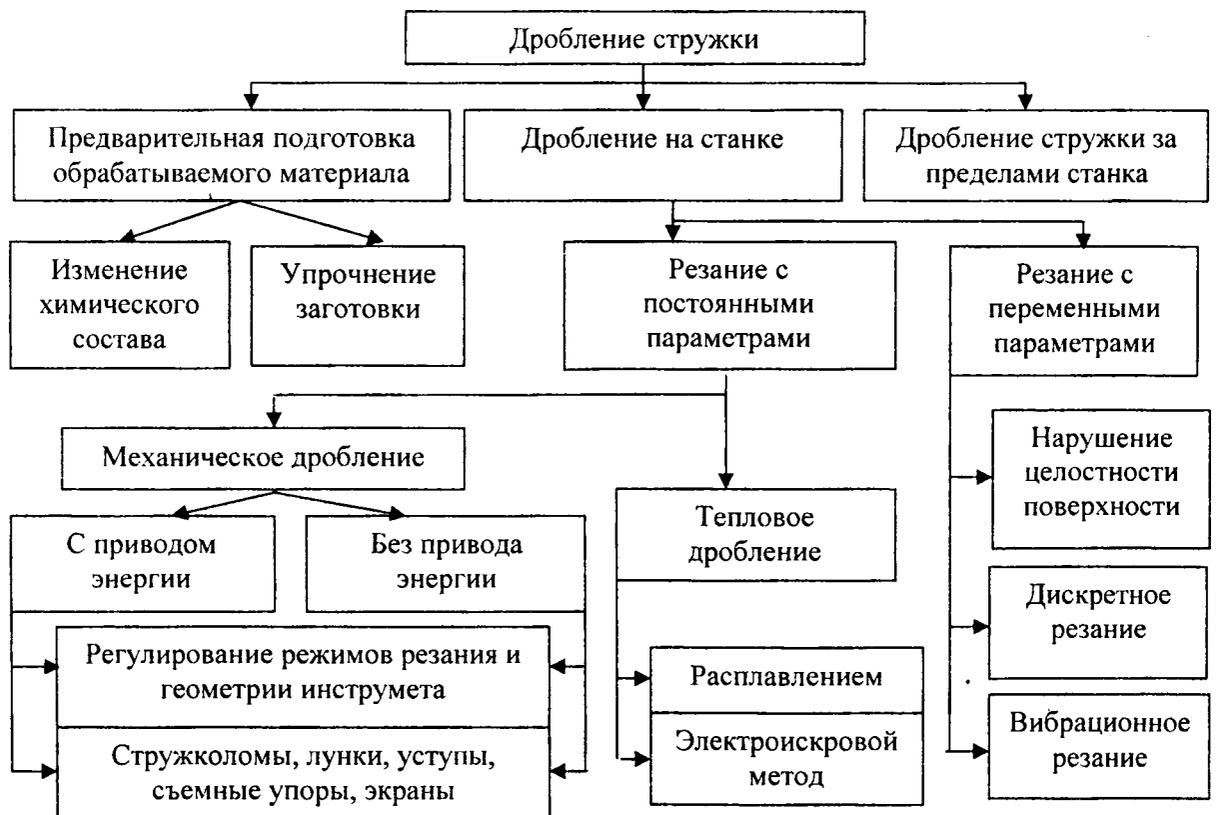


Рис. 2. - Классификация методов дробления стружки [6]

Данная классификация основана на таких признаках, как место и время проведения стружкодробления. Предварительная подготовка обрабатываемого материала проводится непосредственно над материалом в процессе плавки или над заготовкой. В процессе плавки металла получают химический состав, позволяющий при его обработке резанием давать дробленую стружку (к примеру, автоматные стали АС14, АС35Г2). Вторым из способов предварительной подготовки материала является упрочнение поверхности заготовки, связанное с изменением физико-механических свойств материала пластическим деформированием или тепловым воздействием. Но эти способы малоуниверсальны. В машиностроении используется широкий спектр материалов с различными химическими составами и механическими свойствами, и использовать эти способы не всегда возможно. Дробление стружки за пределами станка предполагает использование различных устройств таких, как ножницы, мельницы и других, обеспечивающих расчленение уже полученной стружки на мелкие части. Но при этом не решается вопрос дробления сливной стружки в процессе резания. Все способы дробления стружки в процессе обработки деталей Ахметшин Н.И. делит на две подгруппы, связанные с резанием с постоянными параметрами и с переменными параметрами. Другие исследователи называют их методами непрерывного резания и прерывистого резания [7].

**Резание с постоянными параметрами** обеспечивает дробление сливной стружки за счет регулирования режимов резания, подбора геометрических параметров режущего инструмента и использования дополнительных устройств, осуществляющих либо механическое разделение полученной стружки (стружколомы, экраны, лунки, упоры и т.д.), либо тепловое (расплавление стружки или ее пережиг).

Наибольшее влияние из режимов резания на процесс образования стружки оказывает подача [8]. С ее увеличением стружка становится жесткой и ломкой в связи с увеличением толщины среза и уменьшением диаметра витка. Увеличение глубины резания в большинстве случаев приводит к отрицательным результатам стружкодробления, т.к. снижается жесткость стружки в результате увеличения диаметра витков.

Скорость резания в значительном диапазоне заметного влияния на дробление стружки не оказывает. Для большинства материалов обеспечиваются лучшие условия дробления стружки при точении со скоростью меньше 30-40 м/мин, при которой растет усадка стружки и пластичность нижнего слоя стружки уменьшается [8].

На процесс образования стружки влияют геометрические параметры режущего инструмента: угол в плане  $\phi$ , передний угол  $\gamma$  и угол наклона режущей кромки  $\lambda$ . Наибольшая усадка стружки происходит при  $\phi=90^\circ$ . Благоприятно сказывается на процессе стружкодробления уменьшение переднего угла до  $\gamma=-10^\circ$ , но при этом увеличиваются силы резания. Рекомендуются положительные углы наклона главной режущей кромки до  $+15^\circ$  [8]. Процесс дробления стружки путем подбора режимов резания и геометрии режущего инструмента имеет ограниченные возможности применения, и возможность эффективного применения данного способа прорабатывается экспериментально.

Использование канавок, уступов и лунок на передней грани резца у самой режущей кромки снижает ее прочность, особенно при применении хрупких твердосплавных и керамических материалов режущей кромки. В режущей кромке из твердых сплавов образуются дополнительные внутренние напряжения и микротрещины, приводящие к преждевременному выкрашиванию и снижению стойкости инструмента. Необходимость восстановления уступов и канавок после выкрашивания приводит к увеличенному съему дорогостоящего твердого сплава. Заточка шлифованных лунок у передней грани требует точного соответствия размеров лунки и ее положения режимам резания, что можно обеспечить только централизованной заточкой резцов. Кроме того, испытания резцов с канавками, уступами и лунками показали, что дробление стружки происходит лишь в ограниченном диапазоне режимов резания, что ограничивает применение этих способов дробления на универсальных станках. При неудачном сочетании свойств обрабатываемого и инструментального материалов, при неправильном выборе режимов резания, формы стружколомающих канавок на пластине появляется нарост и резко снижается стабильность дробления стружки [9]. Силы резания при точении резцами с канавками, порожками и лунками увеличиваются на 20-50%. При этом рекомендуется подачу и глубину резания уменьшать на 10-20% [8].

Изготовление резцов с механическими стружколomателями усложнено по сравнению с изготовлением обычных резцов. Они дороги и трудно перетачиваются [9,10,11]. Потребляемая мощность при точении ими возрастает до 40%. При обработке материалов повышенной вязкости и при точении со скоростями резания ниже 50 м/мин и выше 300 м/мин накладные стружколomатели не эффективны. Надежного дробления стружки не достигается и при точении конструкционных

материалов с малой подачей на оборот ( $S_o < 0,4$  мм/об) [9]. Для увеличения эффективности дробления стружки применяются вращающиеся и подпружиненные стружколомы или стружколомы, дополнительно оснащенные источником импульсного магнитного поля, для импульсного ударного воздействия стружки о стружколом. В последние годы проводятся исследования по использованию для дробления стружки смазочно-охлаждающей жидкости. Импульсное давление жидкости, подводимой к накладному стружкозавивателю, позволяет дробить стружку на элементы, длина которых соответствует частоте создания импульсов давления жидкости.

Метод теплового дробления заключается в воздействии на сходящую стружку точечных тепловых импульсов. Тепловое дробление стружки требует специальных дорогостоящих устройств, дополнительных затрат энергии для создания высоких температур, загрязняет производственные помещения продуктами сгорания, является дополнительным источником травматизма рабочих.

Дробление стружки в процессе резания с переменными параметрами осуществляется за счет периодического прекращения процесса резания. Процесс резания может периодически прекращаться, если нарушить целостность обрабатываемой поверхности заготовки путем выполнения на ней синусоидальных или продольных канавок, при выходе резца в которые происходит отрыв стружки. Этот метод требует введения в технологический процесс дополнительной операции либо использования специального режущего инструмента, который позволяет одновременно наносить синусоидальную канавку и снимать припуск с обрабатываемой поверхности. Глубина канавки составляет около 75% глубины резания [8,12]. Данный метод неприемлем для чистового точения, так как на обработанной поверхности могут оставаться риски.

К резанию с переменными параметрами относятся дискретное и релаксационное резание. Дискретное резание заключается в периодической остановке движения подачи, в течение которой прекращается процесс резания [1]. При релаксационном методе обработки резание осуществляется с подачей

$$S = S_o + \Delta S,$$

где  $S_o$  - подача на оборот (мм/об),  $\Delta S$  - дополнительная подача инструмента в течение нескольких оборотов, число которых на единицу меньше числа оборотов в цикле колебательного движения резца. На последнем обороте заготовки в цикле колебательного движения резца подача  $\Delta S$  меняет свое направление и величину. При этом она значительно больше подачи на оборот  $S_o$  [7]. Прерывистое резание, имеющее место при дискретной и релаксационной обработке, обеспечивает надежное стружкодробление при применении режущего инструмента обычной геометрии для разнообразных обрабатываемых материалов в широком диапазоне режимов резания. Но периодический разгон и торможение суппорта станка, имеющего большую массу, может привести к преждевременному выходу станка из строя под действием сил инерции [9]. Методы дискретного и релаксационного резания применимы для обработки заготовок диаметром не более 170 мм. Исследования, проведенные Богословским Н.В. и Иващенко Т.И., позволили получить шероховатость поверхности, обработанной при помощи дискретного и релаксационного методов, равную  $R_a = 5 \div 10$  мкм; при обработке резцом с зачистной кромкой шероховатость поверхности  $R_a = 2,7 \div 3,2$  мкм [13].

Наиболее перспективным методом дробления стружки является вибрационное резание, основанное на том, что режущему инструменту или обрабатываемой заготовке сообщаются, помимо основной рабочей подачи  $S_o$ , дополнительные гармонические колебания с определенными амплитудой и частотой [1, 6, 9, 10, 14]. К низкочастотным вибрациям Ахметшин Н.И. относит колебания с частотой до 200Гц [6]. Эти вибрации приводят к количественному изменению условий стружкообразования и применяются для дробления стружки. Высокочастотные (от 200 до 15000 Гц) и ультразвуковые (15000 Гц и выше) вибрации оказывают качественное влияние на процесс образования стружки и используются для улучшения обрабатываемости материалов. Вибрации могут быть линейными (осевыми, радиальными, тангенциальными) и угловыми, которые представляют собой угловые колебания вокруг осей параллельных осям координат и близки по своему воздействию на процесс резания к линейным.

Вибрации в зависимости от источника возникновения бывают вынужденными и автоколебательными. Вынужденные колебания создаются специальными устройствами, которые позволяют регулировать частоту и амплитуду колебаний при переходе на новые режимы резания.

Использование же автоколебаний для дробления стружки не обеспечивает возможности точного регулирования параметров колебания инструмента в зависимости от обрабатываемого материала, характеристик режущего инструмента и режимов резания [15]. При правильном подборе частоты и амплитуды колебания инструмента при вибрационном точении может быть обеспечена шероховатость  $R_a$  12.5-6.3 мкм. При малом усилии резания и высокой жесткости станка возможно получение шероховатости обработанной поверхности  $R_a$  3.2 мкм [9]. Наибольшее влияние на величину шероховатости оказывает подача. В отличие от обычного резания, где осевое расстояние между траекториями движения резца на двух последовательных оборотах заготовки одинаково и равно подаче на оборот  $S_o$ , при вибрационном точении оно изменяется от нуля до максимального значения  $\Delta_{max}$ , в результате чего и происходит увеличение высоты гребешков, остающихся после обработки. Вибрационное точение гарантировано обеспечивает перерезание стружки в том случае, если траектории перемещения резца на двух последовательных оборотах заготовки, как минимум, соприкасаются. При этом максимальное расстояние между траекториями движения резца  $\Delta_{max}$  составляет величину, соответствующую двум подачам на оборот [9, 14]. Уменьшить это расстояние в процессе вибрационного резания, где время врезания и время отвода инструмента в цикле колебаний одинаковы, невозможно. Выйти из данной ситуации предлагается путем перехода от симметричного цикла колебаний к асимметричному, при котором время врезания и отвода инструмента не одинаковы. Такой цикл колебаний характеризуется коэффициентом асимметрии

$$\xi = \frac{T_{вр}}{T_{отв}},$$

где  $T_{вр}$  и  $T_{отв}$  - время, соответственно, затраченное в процессе колебательного движения инструмента на его врезание в заготовку в направлении подачи и отвод. Если коэффициент асимметрии цикла  $\xi > 1$ , т.е. время на врезание превышает время отвода резца, то такое резание можно назвать мягким. При жестком или силовом вибрационном точении происходит ускоренное врезание инструмента в заготовку и медленный выход из нее, т.е.  $\xi < 1$ .

Коэффициент асимметрии можно представить также в виде

$$\xi = \frac{a}{b},$$

где  $a$  и  $b$  -- части оборота заготовки, приходящиеся на периоды врезания и отвода, соответственно. Схемы траектории движения инструмента относительно заготовки при точении с асимметричным циклом колебаний приведены на рис. 3. На схемах представлена развертка цилиндрической поверхности заготовки диаметром  $d$ . Из приведенных схем видно, что траектории движения инструмента на двух последовательных оборотах заготовки (к примеру, 0-5 – на первом обороте и 5'-10 – на следующем обороте) соприкасаются. Элемент стружки в этом случае представляет собой параллелограмм, описанный четырьмя точками (к примеру, точками 1, 2, 3, 8 на рис. 3а. и точками 2,3,4,7 на рис. 3б.). При этом точки 2, 8 (рис. 3а.) и 3, 7 (рис. 3б.) располагаются на разных линиях, параллельных направлению подачи  $S_o$ .

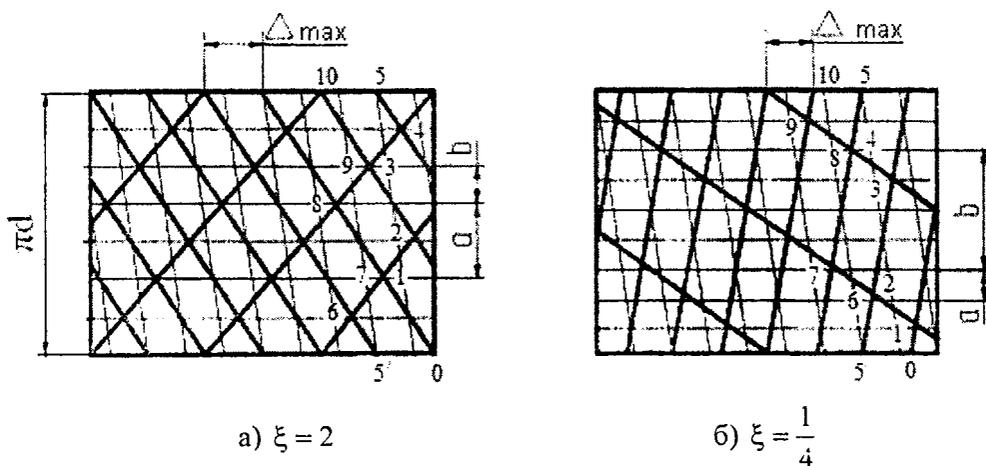


Рис. 3. – Развертка траектории движения инструмента при точении с наложением асимметричных колебаний

С увеличением асимметрии цикла происходит большее смещение этих линий друг относительно друга. Это приводит к уменьшению максимального расстояния  $\Delta_{\max}$  между траекториями движения инструмента на двух последовательных оборотах заготовки, следовательно, и максимальной толщины среза. Для определения расстояния  $\Delta_{\max}$  выведены формулы, описывающие его зависимость от подачи и коэффициента асимметрии:

$$\Delta_{\max} = S_o \left(1 + \frac{1}{\xi}\right), \text{ если } \xi > 1;$$

$$\Delta_{\max} = S_o (1 + \xi), \text{ если } \xi < 1.$$

На рис. 4. представлены графики зависимости расстояния  $\Delta_{\max}$ , рассчитанного по приведенным выше формулам, от величины подачи при точении с гармоническими колебаниями и при точении с коэффициентами асимметрии цикла 2,3 и 4. Расчеты  $\Delta_{\max}$  для точения с коэффициентами асимметрии, обратными принятым, дают аналогичные результаты.

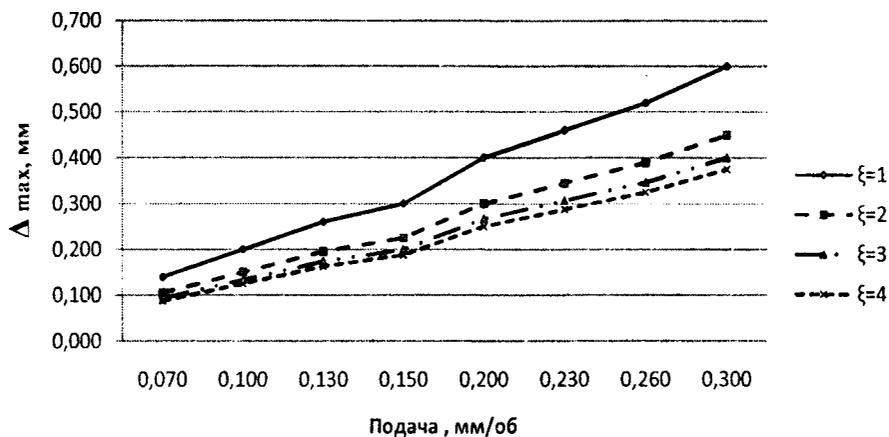


Рис. 4. – Графики зависимости максимального расстояния  $\Delta_{\max}$  от подачи и коэффициента асимметрии.

Из графиков следует, что максимальное расстояние  $\Delta_{\max}$  будет наибольшим при точении с гармоническими колебаниями ( $\xi=1$ ). Значит можно предполагать, что с увеличением асимметрии цикла шероховатость обработанных поверхностей будет снижаться, что позволит применять точение с наложением асимметричных колебаний режущего инструмента для полуступовой, а в некоторых случаях и для чистовой обработки.

Таким образом на основании анализа существующих методов и способов стружкодробления в процессе токарной обработки можно сделать следующие выводы:

Преимуществом широко распространенных способов стружкодробления с постоянными параметрами процесса резания (регулирование режимов резания, подбор геометрических параметров режущего инструмента, использование механических стружколомов, экранов, уступов, лунок, упоров и т.п.) является их невысокая стоимость и неприхотливость в работе. Однако они эффективно работают в узких диапазонах режимов резания, снижают стойкость резцов, повышают расход энергии.

Методы точения с переменными параметрами процесса резания (нарушение целостности обрабатываемой поверхности, дискретное, релаксационное и вибрационное резание) являются более универсальными. Они обеспечивают дробление стружки при обработке на любых режимах резания. Однако основным недостатком этих методов является увеличение шероховатости обработанных поверхностей.

Точение с наложением на постоянную подачу инструмента асимметричных колебаний в отличие от вибрационного точения с гармоническими колебаниями позволяет уменьшить

максимальное расстояние между траекториями движения инструмента на двух последовательных оборотах заготовки  $\Delta_{\max}$ , которое зависит от коэффициента асимметрии цикла колебаний. Прямая зависимость между величиной этого расстояния и максимальной толщиной среза предполагает, что с уменьшением расстояния  $\Delta_{\max}$  снижается высота гребешком микронеровности обработанных поверхностей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лавров Н.К. Завивание и дробление стружки в процессе резания / Н.К. Лавров. - М.: Машиностроение, 1971. - 88с.
2. Справочник по технологии резания материалов: в 2 кн. Кн.1. /ред. нем. изд.: Г. Шруп, Т. Штеферле; пер. с нем. В.Ф. Колотенкова [и др.]; под ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Машиностроение, 1985. - 616 с.
3. Гостева Г.К. Методы дробления сливных стружек / Г.К. Гостева, В.Т. Воробьев, Б.Ф. Канашкин // Технология машиностроения. Исследования в области технологии машиностроения и режущего инструмента: межвуз. сб. - Тула, 1971. - С. 78-79.
4. Гаршин К.В. О классификации методов дробления стружки / К.В. Гаршин, Л.Б. Быховский, В.В. Потапов // Управление качеством в механосборочном производстве: Тезисы докладов конференции / Перм. горком КПСС. Перм. политехн. ин-т. Перм. обл. правл. НТО Машпром. Зап.-Уральск. ЦНТИ. Дом техники обл. совета НТО. - Пермь, 1975. С.102-105.
5. Матвеев В.С. Классификация способов превращения сливной стружки из непрерывной в дробленую / В. С. Матвеев // Пути интенсификации производственных процессов при механической обработке: Межвуз. науч.-техн. сб. / Том. политехн. ин-т им. С. М. Кирова; редкол.: М. Ф. Полетика. [и др.]. - Томск: ТПИ, 1979.- С. 20-24.
6. Ахметшин Н.И. Вибрационное резание металлов / Н.И. Ахметшин, Э.М. Гоц, Н.Ф. Родиков; под ред. К.М. Рагульскаса. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. - 80с.
7. Мансырев, И. Г. Методы дробления сливной стружки в процессе резания / И. Г. Мансырев, А. А. Смирнов, И. И. Козарь. - Л.: ЛДНТП, 1983. - 20 с.
8. Ильин В.С. Способы завивания и дробления стружки при работе на токарных станках с программным управлением / В.С.Ильин, А.С. Кондратов, Б.Н. Бубнов. - [Б. м.], 1975. - 24 с. - (Технол. рекомендации / НИИ технологии и организации производства. НИАТ).
9. Захаров, Ю.Е. Полезные вибрации в машиностроении / Ю.Е. Захаров, В.Т. Гарбузюк. - Тула: Приокское книжное издательство, 1970.- 112с.
10. Подураев В.Н. Организация научно-исследовательских работ по вибрациям при механической обработке / В.Н. Подураев; Гос. науч.-техн. ком. Совета Министров СССР. Акад. наук СССР. Всесоюз. ин-т науч. и техн. информации. - М., 1961. - 66 с.
11. Способы завивания и дробления сливной стружки и области их применения. - М.: Науч.-исслед. ин-т информации по машиностроению, 1970. - 38 с. - (Руководящие материалы / М-во станкостроит. и инструм. пром-сти. Всесоюз. науч.-исслед. инструм. ин-т «ВНИИ»). 12. Бурский В.А. Разработка процессов механической обработки нежестких деталей и методов дробления стружки: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / В.А. Бурский; Физ.-техн. ин-т АН Беларуси. - Мн., 1995. - 30с.
13. Богословский Н.В. Кинематическое дробление стружки при точении труднообрабатываемых сталей / Н.В. Богословский, Т.И. Иващенко // Пути повышения эффективности обработки материалов резанием в машиностроении: материалы краткосроч. науч.-техн. семинара 13-14 мая 1991г. / под ред. Ю.М. Зубарева. - Л., О-во "Знание".Ленингр.орг.: ЛДНТП, 1991. - С. 47-48.
14. Коновалов Е.Г. Осциллирующее точение / Е.Г. Коновалов, А.В. Борисенко. - Минск: Из-во Академии наук БССР, 1960. - 32с.
15. Сергиев А.П. Вибрационное резание стали 110Г13Л / А.П.Сергиев, С.В. Волошин, Е.Г. Швачкин // Вестник машиностроения. - 2000. - №12. - С. 50-52.

УДК 621.91.04

Данилов В.А.

### МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОДУЛЬНОГО ТИПА

*Полоцкий государственный университет*

*Полоцк, Беларусь*

*Рассмотрены методологические аспекты построения кинематических модулей и основанных на них функциональных связей при проектировании формообразующих систем станочного оборудования для обработки механическими и физико-техническими методами. Исходя из системной модели технологии формообразования и структуры способа обработки, определены состав модулей и типы функциональных связей обрабатываемых систем станочного оборудования, как основа синтеза его кинематической структуры. Приведены примеры построения на базе*