

СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Драчев А. О. (ТГУ, Тольятти, РФ), Палагнюк Г. Г. (ДТУ, Ростов-на-Дону, РФ)
Тараненко В. А. (ЛТУ, Люблин, Польша), Тараненко Г. В. (СевНТУ, Севастополь, Украина))

The description of method and device for optimization the turning process were presented in the article. The solution allows increasing accuracy and effectiveness, decreasing the deformed layer and residual surface stress, widens functional abilities of technological process of turning. Results of theoretical and experimental research are presented.

Введение

Предлагаемый способ оптимизации процесса резания предназначен для использования при автоматическом управлении процессами обработки деталей точением в различных отраслях машиностроения.

Известны способы обработки и устройства [1, 2], в которых по результатам измерения составляющих сил резания управляют положением режущих кромок (изменения углов резания) для стабилизации сил резания. Недостатками известных разработок являются низкое качество формообразующих поверхностей, неравномерность поверхностных остаточных напряжений, узкий диапазон управления составляющих сил резания, низкая производительность механической обработки в силу инерционности движущихся частей резцодержателя.

Известен также способ обработки точение [3], при котором вариации переднего угла γ° в статическом положении позволяют минимизировать силы резания, при постоянстве других параметров технологической системы. В данном техническом решении вариации толщины и ширины срезаемого слоя направлены на стабилизацию оси заготовки и заданного значения составляющих сил резания и не позволяют минимизировать энергоемкость процесса резания при постоянных значениях технологических параметров, а также не позволяют получить заданное качество формообразования поверхности, глубину деформированного слоя, минимизировать поверхностные остаточные напряжения.

Целью предлагаемого технического решения является повышение точности и эффективности обработки, уменьшение глубины деформированного слоя и остаточных поверхностных напряжений, а также расширение функциональных возможностей технологического процесса точения.

Оптимизация процесса резания и устройство для реализации

В качестве варьируемого технологического параметра выбирают изменение переднего угла γ° режущего инструмента, при постоянных заданных значениях скорости резания v_c , продольной подачи f и глубины резания a_p , а в качестве исходного контролируемого физического параметра – выбирают изменение энергетических уровней частоты ламелизации процесса стружкообразования и силовой нагруженности режущего клина, уменьшение мощности резания. При этом вариацию переднего угла осуществляют плавно, непосредственно в ходе обработки в диапазоне $\gamma^\circ = -20^\circ \div -10^\circ$, принимая за оптимальное значение такую величину переднего угла γ° , при которой энергетический уровень наиболее информативной частоты спектра ламелизации процесса стружкообразования резко увеличивается в 2 – 3 раза с одновременным уменьшением (стабилизацией) мощности резания на

постоянных оптимальных, с точки зрения, максимальной производительности значений v_c , f , a_p .

Изменение положения резца в плоскости ОУ непосредственно в процессе резания позволяет на узком диапазоне изменения переднего угла резания γ° получить резкое снижение сил резания, регистрацию которых осуществляют косвенным методом на основе анализа сигнала виброакустической эмиссии (ВАЭ) и корректируют за счет дополнительной информации о крутящем моменте главного привода станка. Главным диагностическим признаком способа оптимизации является функциональная связь крутящего момента главного привода движения заготовки и выходного сигнала с преобразователя ВАЭ, установленного в направлении действия составляющей F_p или F_f силы резания, минимальный крутящий момент вызывает максимальный сигнал ВАЭ. Контроль за текущей информацией и управление положением резца осуществляют автоматически с помощью устройства для реализации способа. Сущность способа оптимизации базируется на изучении динамики процесса резания, на основе анализа спектра сил и движений в широком частотном диапазоне, а также с учетом особенностей динамических явлений, протекающих в зоне стружкообразования с учетом меняющихся физико-механических характеристик материалов контактирующей пары инструмент – деталь.

На рис.1 представлена функциональная схема системы управления, реализующая способ оптимизации процесса резания.

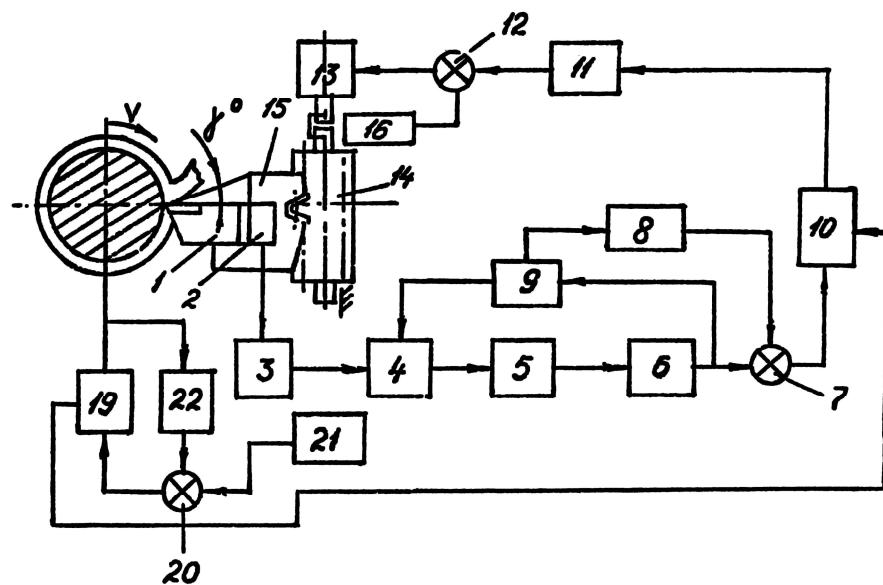


Рис. 1. Функциональная схема системы управления для реализации способа оптимизации процесса резания

Функциональная схема системы автоматического управления для оптимизации процесса резания содержит: режущий инструмент – проходной резец 1, преобразователь 2 вибраакустической эмиссии, предварительный усилитель 3, перестраиваемый селективный усилитель 4, амплитудный детектор 5, блок усреднения (фильтр низких частот) 6, первую схему сравнения 7, задатчик 8 допустимой величины контролируемого параметра, систему автоматической настройки 9, многовходовой регистратор и решающий блок с реле-регулятором 10, управляемый задатчик 11

величины переднего угла γ° , вторую схему сравнения 12 и регулируемый привод 13. Механизм поворота резца 1 включает в себя червячную пару – червяк 14 (рис. 2), червячное колесо 15, датчик обратной связи 16 регистрации угла поворота червяка, палец 17, закрепленный в корпусе червячного колеса 15, корпус 18 механизма поворота, кроме того, электропривод главного движения 19 включает в себя третью схему сравнения 20, задатчик крутящего момента 21 и датчик обратной связи 22.

На рис.2 показаны конструктивные особенности механизма поворота со стабилизацией вершины резца и одновременной вариации текущего переднего угла γ° .

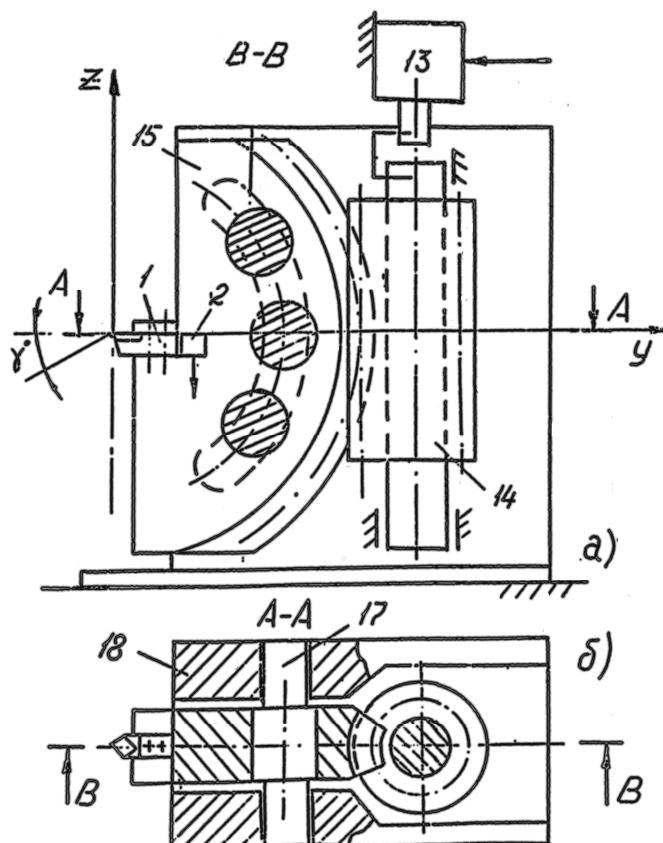


Рис. 2. Конструктивные особенности механизма поворота со стабилизацией вершины резца и одновременной вариации текущего переднего угла γ°

Способ оптимизации процесса резания, включающий регистрацию изменения силы резания, в частности, регистрацию отбора активной составляющей мощности электропривода главного движения, функционально связанного с силовой нагрузженностью режущего клина, осуществляют со стороны электрической части привода главного движения и регистрация дополнительных физических параметров, несущих информацию об условиях разрушения материала, в условиях плоскости “скола” зоны стружкообразования. В качестве условного физического параметра выбирают наиболее информативную частотную составляющую спектра процесса ламелизации в зоне стружкообразования. При этом регистрацию спектра сигнала ВАЭ, излучаемой зоной стружкообразования, осуществляют с тыльной стороны режущего инструмента 1 (рис. 1) в направлении отжимающей составляющей силы F_p с помощью

преобразователя ВАЭ 2. Выделение наиболее информативной частотной составляющей ВАЭ осуществляют с помощью избирательного диагностического канала, состоящего из последовательно соединенных предварительного усилителя 3, перестраиваемого селективного усилителя 9 (узкополосного фильтра) 4, амплитудного детектора 5, блока усреднения (фильтра низких частот) 6, первой схемы сравнения 7, с подключенным по второму входу задатчиком 8, допустимой величины контролируемого параметра, систему автоматической настройки 9, перестройки УЗК селективного усилителя 4 по максимальному выходному сигналу на входе блока усреднения 6, а также автоматическую настройку задатчика 8 допустимой величины контролируемого параметра, запоминающего максимальное амплитудное значение уровня наиболее информативной частоты ламелизации процесса стружкообразования и многовходовой регистратор 10, включающий в себя двухходовую схему совпадения и реле-регулятор, кроме того, дополнительно избирательный канал.

Автоматическую настройку перестраиваемого селективного усилителя 4, с помощью системы автоматической настройки 9 перестриваемого УЗК, осуществляют в процессе контрольной обработки при постоянных, оптимальных, с точки зрения получения максимальной производительности и заданного качества формообразования поверхности, параметров скорости резания, продольной подачи, глубины резания соответственно v_c , f , a_p . При этом в исходном состоянии величину переднего угла γ° выбирают с максимально возможным положительным значением, ограничиваясь величиной заднего угла α° . Вариацию величины переднего угла γ° осуществляют с помощью управляемого механизма поворота, снабженного электроприводом и включающего в себя блоки 11 ? 16. Конструктивные особенности механизма поворота (рис. 2), включающего в себя червячную пару 14, 15, диктуются необходимостью плавного изменения величины переднего угла γ° непосредственно в ходе обработки, сохраняя положение вершины резца 1 неизменным. В корпусе червячного колеса 15 жестко закреплены пальцы (минимум три) 17 по радиусу с центром вращения, проходящим через вершину резца, эквидистантно делительному диаметру червячного колеса 15. Пальцы 17 выполняют функции подшипников скольжения совместно с сегментными направляющими пазами, которые также выполнены эквидистантно делительному диаметру червячного колеса в корпусе 18 механизма поворота. Длина паза (направляющих для пальцев 17) равна предельному углу поворота резца 1 относительно оси OX в плоскости OY . Радиусы установки пальцев 17 и направляющих пазов, выполненных в корпусе 18, равны между собой. Начальное значение переднего угла γ° задают управляемым задатчиком 11, в виде аналогового напряжения, подаваемого на вход второй схемы сравнения 12, регулируемого электропривода 13. Электропривод 13 по мере увеличения значения переднего угла γ° от положительного к отрицательным значениям изменяет величину опорного напряжения на втором входе второй схемы сравнения 12 посредством подачи аналогового напряжения от датчика обратной связи 16 регистрации истинного значения угла поворота червяка 14. Автоматическое уменьшение переднего угла γ° от положительного значения к отрицательному оказывает существенное значение на температурно-скоростные факторы в зоне стружкообразования за счет увеличения коэффициента усадки стружки ζ , а следовательно, уменьшения ее скорости, исходя из условия:

$$v_{cmp.} = v_c / \zeta, \quad (1)$$

а также за счет изменения положения угла β° (β° -угол наклона условной плоскости сдвига), влияющего на кинетику процесса стружкообразования в целом. Причем за оптимальное значение переднего угла γ° выбирают такую величину, при которой энергетический уровень наиболее информативной частотной составляющей спектра ламелизации процесса стружкообразования увеличивается в 2 – 3 раза, при одновременном уменьшении потребляемой активной мощности резания на выбранных оптимальных значениях v_c , f , a_p . Уменьшение положительного значения переднего угла γ° к отрицательным значениям сопровождается уменьшением скорости стружки согласно формулы (1), а следовательно, уменьшается частота ламелизации процесса стружкообразования. Следение за видоизменением спектра (за уменьшением наиболее информативной с энергетической точки зрения частоты ламелизации) осуществляют автоматически с помощью системы автоматической настройки 9 путем перестройки узкополосного фильтра 4 на наиболее информативную величину сигнала ВАЭ по максимальному значению выходного сигнала блока 6. При превышении энергетического уровня наиболее информативной частотной составляющей заданной задатчиком 8 в процессе контрольной обработки на выходе схемы сравнения 7 появляется разностный аналоговый сигнал, который совместно с сигналом функционально связанного с уменьшением отбора активной мощности привода главного движения (состоящего из блоков 19 – 22) воздействует на логический элемент “И” (двуихходовую схему совпадения) и на реле-регулятор, выходной сигнал которого прекращает дальнейшее увеличение (изменение) вариации угла γ° , воздействуя на блок 11 привода автоматического поворота резца 1, уменьшая величину аналогового напряжения на его выходе до величины, равной соответствующей оптимальному значению угла γ° .

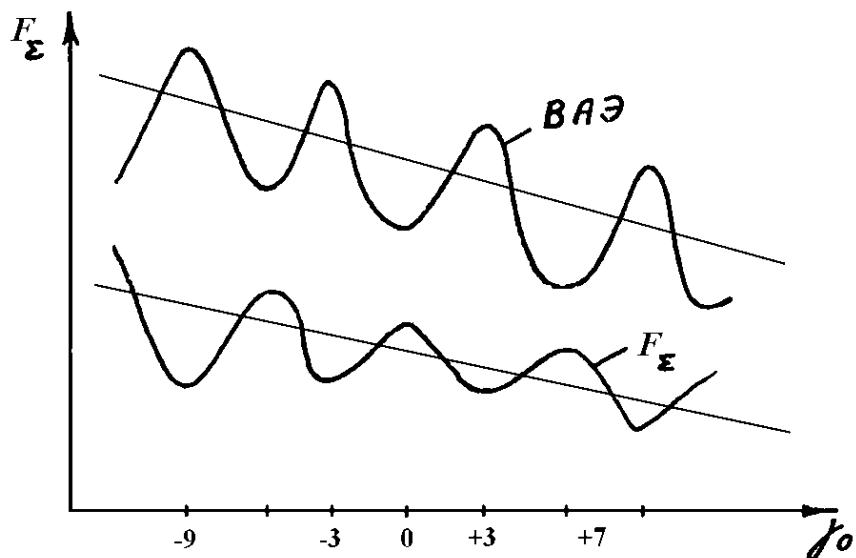


Рис. 3. Зависимости изменения сил резания и информативных составляющих сигнала ВАЭ от изменения переднего угла γ°

Управляющий сигнал, функционально связанный с мощностью разрушения материала (мощностью резания), формируют со стороны реакции электрической части привода главного движения на изменение силы резания, с посредством формирования управляющего сигнала со схемы (блоки 20, 21, 22), встроенной в электропривод главного движения 19. Причем на вход электропривода главного движения подается сигнал с третьей схемы сравнения 20, а на два других входа последней подключены задатчик крутящего момента 21 и датчик обратной связи 22.

Наличие нескольких экстремальных значений (рис. 3) функциональной зависимости изменения сил резания (активной составляющей мощности электропривода главного движения) и наиболее информативных составляющих сигнала ВАЭ от вариаций переднего угла γ° при постоянных значениях v_c , f , a_p позволяют выбирать такие оптимальные значения углов γ° , при которых обеспечивается заданное качество формообразования поверхности при максимальной производительности процесса точения.

Заключение

Экспериментальные исследования проводились на токарном станке со встроенным регулируемым приводом главного движения, оснащенным системой автоматического управления углом поворота резца в плоскости при стабилизации его вершины, а также поворотным механизмом, конструктивные особенности которого показаны на рис.2, установленным на суппорте станка. Проводилась обработка заготовок из стали 45 на следующих режимах: $v_c = 2,4$ м/с, $a_p = 0,5$ мм, $f = 0,1$ мм/об., $\varphi = 70^\circ$, $\varphi' = 12^\circ$.

Оптимальные значения переднего угла $\gamma^\circ = -9^\circ$, $\gamma^\circ = -3,5^\circ$, $\gamma^\circ = +3,5^\circ$. Силы резания уменьшались в 2,5 – 2,7 раза, одновременно уменьшалась глубина деформированного слоя в 2,1 – 2,5 раза и улучшилось качество формирования поверхностного слоя при постоянных значениях v_c , f , a_p . Использование предложенного способа оптимизации процесса резания и устройство для его реализации позволяет повысить коэффициент использования станочного оборудования и его производительность, точность и надежность работы готовых изделий за счет улучшения прочностных поверхностных характеристик деталей.

Список литературы: 1. Авторское свидетельство СССР № 1154052. 2. Авторское свидетельство СССР № 1367324. 3. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 211 с.

Сдано в редакцию 28.01.2009