

УДК 621.9.015

А. С. Мановицкий, канд. техн. наук

*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины,
г. Киев, Украина*

РАСЧЕТ НОМИНАЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА ОСТРОГО РЕЗЦА С КРУГЛОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ И ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРИ ТОЧЕНИИ

There are good many cylindrical components of machines with grooves, hollow chamfers etc. are to be machined with single point cutters. It is important to nominate the correct cutting regimes when cutting of hardened steels or welding deposited alloys on the surface of recovered part with a hardness around 58–63 HRC and rough initial profile of blank. The problem of interaction between the cutting tool and surface layer of component blank machined is the critical one when final turning. Mathematical stimulation is one of the ways of researches of process to discover the nature of action of different technological factors when cutting. To estimate the cutting force main direction and its components when processing it is important to calculate the contact surfaces of cutting element of tool with material machined. Results of approaches to the calculation of nominal contact squares with material of allowance and component machined when turning with round PcBN insert single point cutters are reported.

Существующие подходы к описанию и выражению численными методами превращений, имеющих место в зоне резания, и взаимодействия инструмента с обрабатываемой поверхностью не всегда адекватно отражают физическую сущность протекающих процессов и в этом смысле менее предпочтительны, чем аналитическое описание явлений при контакте резца с обрабатываемой деталью. В связи с этим важную роль играют исследования лезвийных процессов обработки [1] и в особенности сложнопрофильных деталей из закаленных сталей, высокопрочных, отбеленных и легированных чугунов, а также наплавленных и напыленных износостойкими материалами с твердостью 58–63 HRC.

Применение ЧПУ позволяет обрабатывать точением более сложные фасонные поверхности за счет кинематики перемещения инструмента по сравнению со шлифованием. При этом обработка может проводиться в условиях, когда вершина режущего инструмента не занимает фиксированное положение и на различных участках профиля перемещается по режущей кромке. Инструмент работает, практически обкатывая обрабатываемую поверхность.

Ведущие мировые производители токарного оборудования с ЧПУ, например «Геркулес», для обработки калибров валков прокатных станов используют резцы с напаянными твердосплавными пластинами с режущими элементами круглой формы или с механическим креплением круглых керамических режущих пластин. В связи с тем, что на бочке вала обрабатываются вогнутые профили (ручьи), точка касания вершины резца с обрабатываемой поверхностью перемещается по дуге круглой режущей пластины, близкой к 180° (рис. 1). Это обуславливает конструктивные особенности крепления сменной режущей пластины из режущей керамики. В Институте сверхтвердых материалов НАН Украины [2] были разработана специальная неперетачиваемая коническая режущая пластина из ПСТМ с задним углом и конструкция державки резца. Пластина соответствует обозначение R (B, C, P) MN (в зависимости от величины заднего угла соответственно 5°, 7° или 11°). В державке резца режущая пластина устанавливается таким образом, что ее опорная коническая поверхность сопрягается с конической поверхностью гнезда державки. В связи с отсутствием пазов на опорной

поверхности пластина не имеет концентраторов напряжений. За счет поворота в гнезде державки она может работать в течение 4 – 5 периодов стойкости.

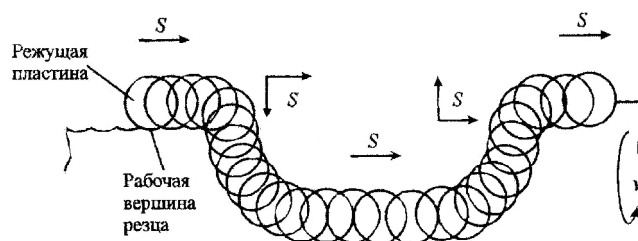


Рис. 1. Схема обработки ручья прокатного валка резов с круглой режущей пластиной.

При обработке бочки и фасонных поверхностей на прокатном валке на токарных станках с ЧПУ режущий инструмент в процессе работы касается обрабатываемой поверхности ручья по дуге близкой к 180° . Поэтому необходимо определить направления действия силы резания на каждом из участков профиля, чтобы установить рациональные режимы резания и определить критические сечения державки резца для разработки конструкции, обеспечивающей необходимую прочность инструмента. Для прогнозирования распределения составляющих силы резания со стороны задней поверхности инструмента представляется целесообразным рассмотреть условия контакта пластины с обрабатываемой поверхностью детали. С целью проведения расчета номинальной площади контакта режущей пластины круглой формы с обрабатываемой деталью принимаем следующие геометрические параметры режущей части: передний угол γ , задний угол α , радиус при вершине пластины R . Угол наклона режущей кромки λ резца принимаем равным нулю.

Согласно нашему представлению номинальная площадь контакта круглой режущей пластины с обрабатываемой поверхностью в общем виде будет выглядеть, как показано на рис. 2.

При обработке упрочненных поверхностей резанием неперетачиваемыми пластинами из сверхтвердых поликристаллов влияние геометрических параметров на площадь контакта носит пропорциональный характер. Однако, для расчета номинальной площади контакта резца с обрабатываемой заготовкой необходимо построить математическую модель площади контакта с учетом не только геометрических параметров режущего элемента, но и принять во внимание технологические параметры процесса резания упрочняющих покрытий, в совокупности формирующих профиль детали и оказывающих влияние на точность обработки и качество поверхностного слоя.

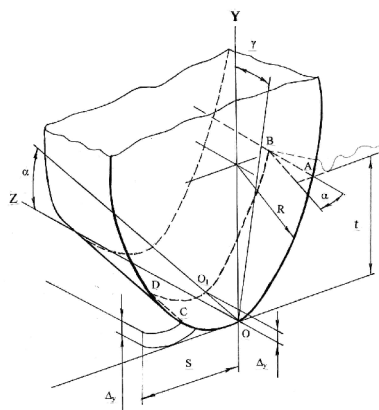


Рис. 2. Номинальная площадь контакта детали и резца с неперетачиваемой круглой пластиной.

Номинальная площадь контакта детали и резца с неперетачиваемой круглой пластиной представляет собой сумму площадей части цилиндрической поверхности ABDC. Принимая во внимание геометрические построения, приведенные на рис. 3:

$$\psi_1 = \arccos\left(\frac{1-t}{R \cos \gamma}\right); \quad \psi_2 = \frac{\arcsin(S + \Delta_y)}{2R};$$

$$\text{тогда: } OA = R \arccos\left(1 - \frac{t}{R \cos \gamma}\right); \quad OC = R \arcsin\left(\frac{S + \Delta_y}{2R}\right).$$

Суммируя отдельные отрезки дуги AC, получаем ее общую длину:

$$AC = R \left[\arccos\left(1 - \frac{t}{R \cos \gamma}\right) + \arcsin \frac{S + \Delta_y}{2R} \right].$$

Длину дуги BD и образующую OO₁, одновременно являющуюся длиной контакта задней поверхности резца и заготовки (см. рис. 2), определяем с помощью высоты упругого восстановления:

$$BD = \left\{ \arccos \left[\frac{1 - t\Delta_y(1 - \Delta_y)}{(R - t\Delta_y) \cos \gamma} \right] + \frac{\arcsin S}{2(R - t\Delta_y)} \right\} (R - t\Delta_y),$$

$$OO_1 = \frac{t\Delta_y}{\sin \alpha}.$$

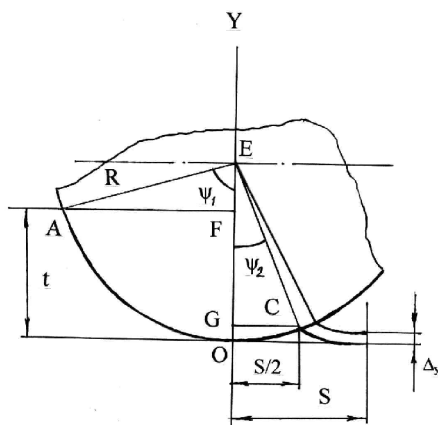


Рис. 3. Схема к расчету длины режущей кромки пластины круглой формы в контакте с обрабатываемой поверхностью.

В окончательном виде уравнение для расчета номинальной площади контакта круглой режущей пластины и обрабатываемой детали будет выглядеть следующим образом:

$$A_\alpha = \frac{t\Delta_y}{2 \sin \alpha} \left\{ R \left[\arcsin\left(1 - \frac{t}{R \cos \gamma}\right) + \frac{\arcsin(S + \Delta_y)}{2R} + \frac{2t\Delta_y}{S} \right] + \right. \\ \left. + (R - t\Delta_y) \left[\arccos \left[1 - \frac{t(1 - \Delta_y)}{R - t\Delta_y \cos \gamma} + \frac{\arcsin S}{2(R - t\Delta_y)} \right] \right] \right\}.$$

Экспериментальные данные исследований, проведенных в Харьковском политехническом институте [3], показывают пропорциональную зависимость роста составляющих силы

резания на задней грани резца от увеличения сечения среза при точении эльбором быстрорежущей стали Р6М5. По мере возрастания площадки контакта резца с деталью по задней поверхности возникает эффект «снижения» коэффициента трения, что объясняется превалированием роста нормальной составляющей силы на задней поверхности относительно роста касательной составляющей. Это подтверждает классические положения о важности учета упругих составляющих деформаций поверхностного слоя обрабатываемой детали и правомерность нашего предположения о возможности прогнозирования развития контактных явлений и дальнейших расчетов составляющей силы резания на задней поверхности при резании. Можно предположить, что величины упругой деформации и упругого восстановления материала поверхностного слоя обрабатываемой детали зависят от суммарных напряжений в зоне резания, в первую очередь, от сечения среза и не будут постоянными.

Анализ полученного аналитического уравнения позволяет выявить физическую сущность влияния отдельных факторов на изменение площади контакта и опосредованно на силы резания. Радиус при вершине резца, так же, как и увеличение углов в плане резца применительно к резцам с прямолинейными кромками, прямо пропорционально влияет на контактную поверхность. Однако, если увеличение отрицательных значений переднего угла приводит к возрастанию поверхностей контактного взаимодействия, то возрастание значений заднего угла влечет за собой уменьшение площади контакта режущего элемента с обрабатываемой поверхностью. Предлагаемое уравнение может быть положено в основу компьютерной модели контакта режущего лезвия с обрабатываемой упрочненной заготовкой для расчета влияния рассматриваемых параметров на состояние обработанной поверхности. Следует принять во внимание, что настоящая модель не учитывает составляющую перемещений инструмента, определяемую положением режущего элемента как функцией от амплитуды и частоты вибраций технологической системы. Можно констатировать, что предлагаемый подход к анализу взаимодействия режущего элемента и обрабатываемой заготовки не учитывает положение (угол наклона) режущей кромки резца, значение радиуса при его вершине и особенности косоугольного резания.

Вместе с тем такой подход может быть взят за основу и в дальнейшем использован применительно к различным способам лезвийной обработки для расчета составляющих силы резания и описания напряженно-деформированного состояния зоны резания, поверхности взаимодействия инструмента с заготовкой и величины подминаемого слоя, формирующего обработанную поверхность детали.

Литература

1. Залогов В. А., Криворучко Д. В. Прогнозирующая аналитическая модель силового взаимодействия лезвия с заготовкой. /Сб. науч. тр. Института сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – Серия Г: Процессы механической обработки, станки и инструменты. – Киев, 2002. – С. 103–118.
2. Клименко С. А., Муковоз Ю. А., Мановицкий А. С., Кудряков Г. П. Инструмент и технология точения фасонных поверхностей на станках с ЧПУ// *Инструментальний світ*. – 2005. – № 4 (28). – С. 4–7.
3. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф. В. Новикова и А. В. Якимова. В десяти томах. – Т. 3. «Резание материалов лезвийными инструментами» – Одесса: ОНПУ, 2003. – 546 с.

Поступила 01.06.2006 г.