

НОВЫЙ ПРОЦЕСС СКОЛЬЗЯЩЕГО РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Марунич В.А. (НметАУ, г. Днепропетровск, Украина)

New cutting operation of materials is proposed. Hypothesis of sliding cutting mechanics of metals have been stated. The formulas calculation kinematic angular characteristics for sliding cutting have been derived.

Введение: машиностроение и металлообработка непрерывно находятся в процессе постоянного развития и совершенства, а их главной задачей является обеспечение выпуска высококачественной, конкурентоспособной техники. Повышение конкурентоспособности продукции напрямую связано с улучшением свойств изделий, полученных в результате формирования поверхностного слоя при обработке резанием. Поверхностный слой деталей определяет качественно новую совокупность свойств изделий.

В работе [1] проводится анализ развития технологии машиностроения как науки за последние 30 лет и делается вывод, что, в общем случае, на качество поверхностного слоя при всех методах механической обработки (лезвийная, абразивная и отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием) оказывают влияние следующие факторы:

1. Геометрия рабочей части инструмента и кинематика его рабочего движения относительно обрабатываемой поверхности.
2. Колебательные перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности.
3. Упругие и пластические деформации обрабатываемого материала заготовки в зоне контакта с рабочим инструментом.
4. Шероховатость рабочей части инструмента.
5. Вырывы частиц обрабатываемого материала.

В зависимости от условий обработки степень влияния каждого из этих факторов на образование геометрии поверхности будет различной.

Следовательно, не смотря на имеющиеся высокие достижения в области резания материалов, при изменении кинематики рабочего движения инструмента относительно обрабатываемой поверхности, а также управляя процессом упругих и пластических деформаций обрабатываемого материала в зоне контакта с рабочим инструментом, можно получить качественно новое состояние поверхностного слоя изделий.

Постановка проблемы: процесс резания является сложным комплексом физико-химических явлений, таких как механические, тепловые, электрические, диффузионные, адгезионные и др., возникающие в результате взаимодействия инструмента с заготовкой. Причем перечисленные явления проявляются в таких предельных условиях, которые обычно не встречаются ни при испытаниях материалов, ни в других технологических процессах.

Одной из главных задач исследования процесса резания является изучение деформации обрабатываемого материала. Все исследователи, являющиеся основоположниками теории резания материалов: И.А. Тиме, А.А. Брикс, А.М. Вульф, В.А.Кривоухов, Н.Н. Зорев, А.М. Розенберг, М.И. Клужин, Г.И. Грановский, В.Ф. Бобров и др. в работах [2,3,4,5,6,7,8] свои теории основывали на общих законах пластической деформации.

Деформация обрабатываемого материала лежит в основе процесса резания и в значительной степени предопределяет протекание всех других явлений, сопровождающих процесс резания: тепловыделение, теплопередачу, диффузию, адгезию, наклеп, фазовые превращения, химическое взаимодействие со средой и т.д.

Установлено, что при резании металлов более 99,5% работы переходит в теплоту [8,9], которая в большей степени определяется теплотой деформации, то есть теплотой выделяемой в результате внутреннего трения атомов или молекул обрабатываемого материала.

В этой связи, главнейшей научной проблемой является преобразование энергии деформации в работу разрушения межатомных или молекулярных связей при отделении части обрабатываемого материала (стружки) и образование новых поверхностных слоёв деталей.

Проведение исследований: для решения научной проблемы предлагается принципиально новый метод обработки материалов резанием, названный скользящим резанием, позволяющий управлять процессом упругих и пластических деформаций при отделении срезаемого слоя и достигать высокой точности и качества деталей.

Под скользящим резанием понимается процесс обработки, при котором скольжение режущей кромки, во время рабочего цикла, по обрабатываемой поверхности в направлении главного движения превалирует над ее перемещением в направлении движения подачи.

Положительное влияние эффекта скользящего резания с целью достижения высокого качества обработанной поверхности и условие его проявления приведены в работах [10,11,12,13,14,15,16,17].

Необходимым условием проявления эффекта скользящего резания для управления интенсивностью физических процессов, происходящих в зоне резания, является установление угла наклона кромки λ в пределах: $70^\circ \leq \lambda \leq 90^\circ$.

Такое положение режущей кромки лезвия инструмента в принципиальной кинематической схеме резания существенным образом меняет соотношение угловых и линейных скоростей элементарных абсолютных движений, сообщаемых лезвию и заготовке.

Анализ и теоретическое исследование возможных принципиальных кинематических схем резания и движения их составляющих с эффектом скольжения кромки по обрабатываемой поверхности, открывают широкие возможности для создания новых, в настоящее время еще неизвестных, методов обработки и конструкций режущих инструментов.

Гипотеза о механизме скользящего резания металлов заключается в следующем.

Механизм: при контакте инструмента с заготовкой, режущая кромка которого, во время рабочего цикла, скользит по обрабатываемой поверхности в направлении главного движения и перемещается в направлении движения подачи, происходит их силовое взаимодействие. При этом первоначальный контакт рабочей части инструмента с заготовкой произойдет между вершиной выступа субшероховатости режущей кромки, который находится ближе к обрабатываемой поверхности, и обрабатываемым металлом. В результате силового воздействия выступа на кристалл металла возникают растягивающие напряжения в направлении скорости резания и сжимающие напряжения в направлении скорости подачи. Таким образом, происходит локализация напряжений разного характера (растяжения и сжатия) в поверхностном слое обрабатываемого металла и создаются условия стеснения подвижности его атомов. При достижении силы межатомных связей происходит разрыв этих связей и образуется микротрещина, которая развивается в направлении движения подачи. Скользящее движение кромки по обрабатываемой поверхности включает новые последующие контактные силовые взаимодействия выступов субшероховатости и шероховатости с кристаллами металла, следствием которого является образование множества микротрещин. Образовавшиеся микротрещины объединяются в макротрещину, которая начинает распространяться перед режущей кромкой при ее перемещении, разрушая металл без пластической деформации в направлении движения подачи. Макротрещина перемещается одновременно с режущей кромкой в плоскости

резания. В результате происходит срезание слоя обрабатываемого металла и формируется сливная стружка, которая представляет собой сплошную ленту без разрывов и трещин.

При скользящем резании обеспечивается гораздо лучшее проникновение лезвия в металл и за счет «кинематического заострения».

Дело в том, что в результате новой кинематики, осуществляющейся при скользящем точении, существенно изменяются угловые кинематические параметры, которые в значительной степени отличаются от кинематических параметров при традиционном точении.

Кинематический угол наклона режущей кромки λ_k измеряется в плоскости резания в кинематической системе координат, а в данном случае плоскость резания совпадает с рабочей плоскостью P_s [18,19,20] и определяется:

$$\lambda_k = \lambda_u - \eta \quad (1)$$

где η – угол скорости резания (угол между направлением скоростей результирующего движения резания и главного движения резания).

Для установления зависимости других кинематических угловых параметров от значений инструментальных и величины кинематического угла наклона кромки λ_k рассмотрим схему на рис. 1.

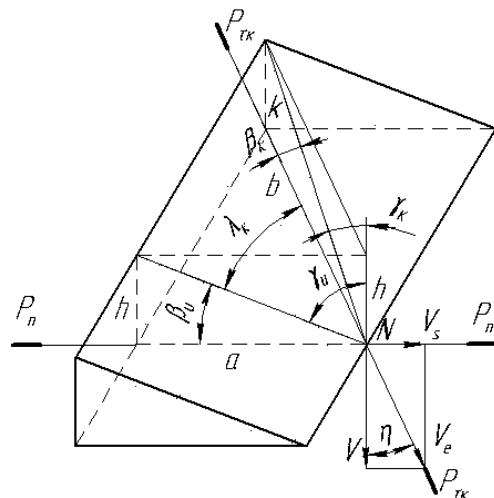


Рис. 1. Схема определения кинематических угловых параметров лезвия при скользящем точении

На рисунке 1 показано врезание произвольной точки N режущей кромки лезвия токарного проходного резца в обрабатываемый металл. Известно, что стружка сходит по передней поверхности в направлении $90^\circ - \lambda_k$, то есть в направлении NK . Предположив, что задняя поверхность лезвия лежит в рабочей плоскости P_s (задний угол $\alpha=0$), рассмотрим кинематический угол заострения β_k и кинематический передний угол γ_k . Так как инструментальные углы измеряются в нормальной секущей плоскости P_n , а кинематические – в кинематической главной секущей плоскости P_{tk} , то между этими углами существует геометрическая связь, которая проявляется в следующем:

$$a \cdot \operatorname{tg} \beta_u = b \cdot \operatorname{tg} \beta_k = h, \quad (2)$$

где h – общая высота лезвия проходного резца;
 a, b – соответствующие размеры по рис. 1

Так как между размерами существует зависимость:

$$\frac{a}{b} = \cos \lambda_k, \quad (3)$$

то, подставив выражение (1) и (3) в (2), получим следующую формулу:

$$\operatorname{tg} \beta_k = \operatorname{tg} \beta_u \cdot \cos \lambda_k = \operatorname{tg} \beta_u \cdot \cos(\lambda_u - \eta) \quad (4)$$

Из формулы (4) определим зависимость для кинематического угла заострения β_k лезвия проходного резца для скользящего точения от угла заострения β_u и инструментального угла наклона кромки λ_k :

$$\beta_k = \operatorname{arctg} [\operatorname{tg} \beta_u \cdot \cos(\lambda_u - \eta)] \quad (5)$$

При этом на зависимость (5) накладывает отпечаток скорость подачи V_s , так как:

$$\eta = f(V_s)$$

Кинематический передний угол γ_k измеряется в направлении схода стружки по передней поверхности и определяется аналогично углу β_k из геометрической зависимости:

$$\frac{a}{\operatorname{tg} \gamma_u} = \frac{b}{\operatorname{tg} \gamma_k} = h, \quad \operatorname{tg} \gamma_k = \frac{\operatorname{tg} \gamma_u}{\cos \lambda_k} \quad (6)$$

Подставив соответствующие значения в выражение (6) получим:

$$\gamma_k = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \gamma_u}{\cos(\lambda_u - \lambda)} \quad (7)$$

Значение кинематического заднего угла α_k определяется по формуле [21]:

$$\alpha_k = \operatorname{arctg} [\operatorname{tg} \alpha_u \cdot \cos(\lambda_u - \lambda)]$$

При скользящем резании угол наклона кромки λ устанавливается в пределах $70^\circ \leq \lambda \leq 90^\circ$, подставив это значение угла в формулы (5) и (7) получим, что передний кинематический угол γ_k увеличивается в 4 и более раза, а угол заострения уменьшается в 4 и более раза.

Таким образом, происходит существенное «кинематическое заострение».

Количество теплоты при резании металлов можно определить выражением [22,23]:

$$Q = Q_d + Q_{mn} + Q_{mz},$$

где Q_d – теплота деформации, образующаяся на условной плоскости сдвига;

Q_{mn} – теплота трения, образующаяся на передней поверхности режущего инструмента в пределах длины контакта между стружкой и инструментом;

Q_{mz} – теплота трения на задней поверхности режущего инструмента в пределах площадки контакта между задней поверхностью и поверхностью резания.

При скользящем резании металла теплота деформации Q_d не выделяется в связи с действием нового механизма. Энергия деформации преобразовывается в работу разрыва межатомных связей.

Теплота трения Q_{mn} , образующаяся на передней поверхности режущего инструмента между стружкой и контактной поверхностью, возрастает в результате увеличения длины контакта (см. рис.1) и трения, как следствия скольжения по обрабатываемой поверхности лезвия инструмента.

Теплота трения Q_{mz} на задней поверхности также возрастает по вышеупомянутым причинам.

Не смотря на повышение температуры в результате увеличения внешнего трения по передней и задней поверхностям лезвия инструмента, при определенных параметрах режима скользящего точения, заготовка и инструмент нагреваются слабо. Процесс отделения стружки от заготовки происходит практически при «холодном точении» металла.

Результаты проведенных опытов полностью подтвердили предположение о «холодном точении» металлов при скользящем резании и достижении высокого качества обработанной поверхности.

Шероховатость обработанной поверхности измеряли на информационно-вычислительном комплексе мод. 170623.1, который предназначен для подключения датчика и мотопривода профилометра модели 107622 к персональному настольному компьютеру типа IBM/PC и управления их работой в процессе измерения и обработки сигнала измерительной информации – трассирования, снятия профиля, его визуализации. Комплекс проводил измерения геометрических размеров особенностей профиля, вычисления параметров шероховатости, а также запись результатов измерений на компьютер и распечатку их на принтере.

Профилограмма и результаты измерений приведены на рис.2.

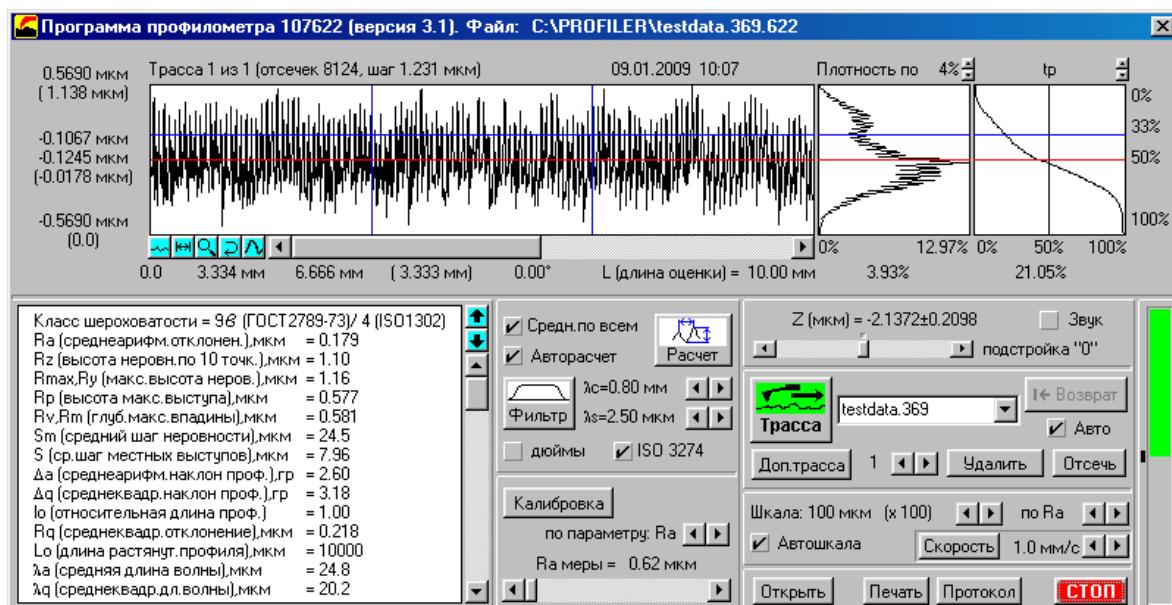


Рис. 2. Профилограмма обработанной поверхности стали 45 скользящим точением

Выводы. 1. Разработан новый метод обработки резанием металлов, названный скользящим резанием, позволяющий управлять процессами упругих и пластических деформаций при отделении срезаемого слоя (стружки) и образовании новых поверхностных слоев деталей. Метод позволяет обеспечить высокое качество обработанной поверхности при точении металлов: $R_a=0.18\text{мкм}$, $R_z=1.1\text{мкм}$; $R_{max}=1.16\text{мкм}$; $S_m=24.5\text{мкм}$; $S=7.96\text{мкм}$. 2. Сформулирована гипотеза о механизме скользящего резания металлов и дано кинематическое определение процессу скользящего резания материалов. Показано, что основой обеспечения эффекта скользящего резания является установление угла наклона режущей кромки λ в пределах $70^\circ \leq \lambda \leq 90^\circ$. 3. Характерным для скользящего точения металлов является низкая температура в зоне резания из-за преобразования энергии деформации в работу разрыва межатомных связей обрабатываемого материала при отделении части материала (стружки) и формирования новых поверхностных слоев деталей. 4.

Выведены формулы для определения числовых значений кинематического угла заострения β_k и переднего угла γ_k для скользящего продольного точения материалов. При этом установлено, что при скользящем резании имеет место существенное «кинематическое заострение». Кинематический угол заострения β_k уменьшается более чем в 4 раза по сравнению с инструментальным углом заострения β_u , а кинематический передний угол γ_k увеличивается более чем в 4 раза по сравнению с передним инструментальным углом γ_u .

Список литературы: 1. Суслов А.Т., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 2002. 684с. 2. Вульф А.М. Резание металлов. – Л.: Машиностроение, 1973. 3. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. – М.: Машгиз, 1956. – 367с. 4. Кривоухов В.А. Деформирование поверхностных слоев металла в процессе резания. М. – Свердловск, Машгиз, 1945, 89с. 5. Розенберг А.М., Еремин А.Н. Элементы теории процесса резания металлов. М. Свердловск, Машгиз, 1956. – 318с. 6. Клушин М.И. Резание металлов. М., Машгиз, 1958, 453с. 7. Грановский Г.И., Грудов П.П., Кривоухов В.А. и др. Резание металлов. – М. Машгиз, 1954. – 472с. 8. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. М.: Машиностроение. 1975. – 344с. 9. Рыжкин А.А. и др. Физические основы обработки материалов резанием. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 1996. 352с. 10. А.С. 1117149 (СССР). Режущий инструмент / В.А. Марунич, Ю.А. Барковский, Т.Б. Горшков, М.И. Лившиц. – Опубл. в Б.И., 1984, №37 11. А.С. 1152723 (СССР). Режущий инструмент / В.А. Марунич, В.Д. Дручков, Н.Я.Горбатко, Б.А. Афонин. – 1984. 12. А.С. 1152723 (СССР). Режущий инструмент / В.А. Марунич, В.Д. Дручков, Н.Я.Горбатко. – Опубл. в Б.И., 1985, №16. 13. А.С. 1219387 (СССР). Инструмент для механической обработки материалов / В.Д. Дручков, В.А. Марунич, Т.Б. Горшков. Опубл. в Б.И., 1987, №11. 14. А.С. 1240609 (СССР). Режущий инструмент для обработки пенопластов / В.А. Марунич, А.Т. Коновалов, И.Н. Ситник, Л.А. Яковлева, Т.Б. Горшков. – Опубл. в Б.И., 1986, №24. 15. А.С. 1351803 (СССР). Резец для обработки полимерных материалов / В.А. Марунич, Л.И. Таран, П.П. Паршин, Т.Б. Горшков, П.П. Сарасек. – Опубл. в Б.И., 1987, №42. 16. Пат. России 2031790 Способ обработки материалов резанием / В.А. Марунич. Бюл. №9 – 1995. 17. Пат. України 19905. Спосіб обробки матеріалів різанням / В.О. Марунич. Бюл. №1 – 2007. 18. ГОСТ 25762-83. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий. 19. ГОСТ 25751-83 Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий. 20. ГОСТ 25761-83. Виды обработки резанием. Термины и определения общих понятий. 21. Марунич В.А. Исследование кинематики обработки резанием теплоизоляционных пенополиуретановых покрытий сферических изделий. Теория и практика металлургии, 2007, С.53-58. 22. Резников А.Н. Теплообмен при резании и охлаждение инструментов. – М.: Машгиз, 1963 – 200с. 23. Солоненко В.Т., Рыжкин А.А. Резание металлов и режущие инструменты. М.: Высшая школа, 2007. 414с.

Надійшла до редколегії 02.04.2009 р.

НОВЫЙ ПРОЦЕСС СКОЛЬЗЯЩЕГО РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Марунич В.А.

У статті досліджено перетворення енергії деформації в роботу руйнування міжатомних або молекулярних зв'язків при відділенні частини оброблюваного матеріалу (стружки) і утворення нових поверхневих шарів деталей.

процесс резания, деформация, скользящее продольное точение материалов, температура в зоне резания, угол наклона режущей кромки