

КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ НАПРАВЛЕННОГО РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

© 2012 В.С. Матвеев, К.В. Баннов

Юргинский технологический институт (филиал)
Национального исследовательского Томского политехнического университета

Поступила в редакцию 23.03.2012

В данной статье рассмотрен новый подход к оценке средних значений коэффициента трения стружки с передней поверхностью инструмента.

Ключевые слова: коэффициент трения, направленное разрушение, резание металлов

Срезаемый слой заготовки, подлежащий удалению, в той или иной степени деформируется и в обязательном порядке доводится до разрушения в окрестностях режущих кромок металлорежущего инструмента. Таким образом, направления разрушения обрабатываемого металла заранее известны. Они предопределяются геометрией инструмента в плане и задаются кинематической схемой металлорежущего станка. Это и даёт нам веское основание говорить о направленном разрушении металлов резанием [1]. При деформировании обрабатываемых металлов резанием особую актуальность имеет проблема трения, связанная с изнашиванием инструмента, его стойкостью и энергозатратами на процесс. Эти проблемы столь актуальны, что осмыслению значений, в частности, коэффициентов трения обрабатываемого металла с передней и задними поверхностями инструмента всегда будет уделяться повышенное внимание.

Цель работы: сравнение количественных оценок коэффициентов трения μ металлорежущего инструмента со стружкой, рассчитываемых по ряду известных и предлагаемых в этой статье уравнениям.

В Самаре, Томске, Москве и других научных центрах накоплены обширные экспериментальные результаты по указанному вопросу. В качестве тестовых выбраны независимые экспериментальные результаты, полученные в ЦНИИТ МАШе под руководством Н.Н. Зорева [2]. Существо нового подхода к оценке средних значений коэффициента трения μ стружки с передней поверхностью инструмента связано с введением в анализ итогов стружкообразования представления об условной

плоскости действия (УПД). Введение УПД (прямая OB на рис. 1) значительно расширяет прогностические возможности по сравнению с классической расчетной схемой И.А.Тиме, который в 1869-1870 гг. ввел понятие об условной плоскости сдвига (УПС) (прямая OA) и угле действия ГОА.

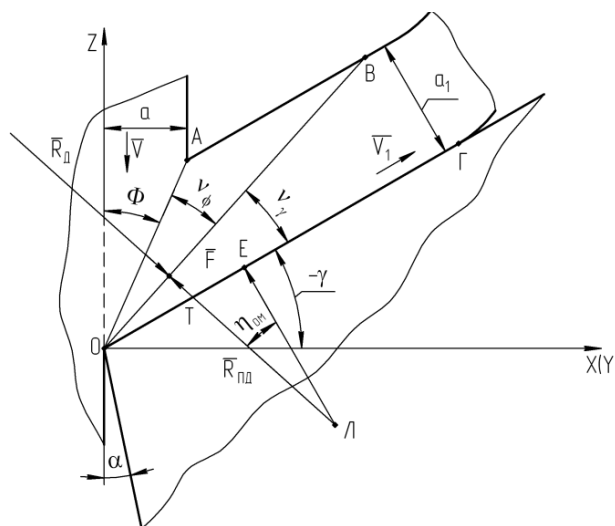


Рис. 1. Схема стружкообразования с условной плоскостью действия OB

В середине XX в. Н.Н. Зорев ввел иную трактовку угла действия, обозначив его ω , и связав значения ω с углом трения η и передним углом инструмента γ .

$$\omega = \eta - \gamma$$

Экспериментально установлено:

$$\omega + \phi = \eta + (\phi - \gamma) \approx const$$

Значение постоянной зависит от свойств обрабатываемых металлов, отклоняясь на 5° от 45° в обе стороны. Ориентируясь на среднее значение суммы углов $\omega + \phi$, получаем:

Баннов Константин Викторович, ассистент кафедры «Технология машиностроения». E-mail: bannovkv@gmail.ru
Матвеев Валерий Семенович, доцент кафедры «Технология машиностроения»

$$\mu = \frac{1 - \operatorname{tg}(\phi - \gamma)}{1 + \operatorname{tg}(\phi - \gamma)} \quad (1)$$

Отметим, что Л.М. Седоков (ТПИ, г.Томск) в 1956 г. в кандидатской диссертации вывел уравнение для оценки μ в виде

$$\mu = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}(\phi - \gamma) + \operatorname{tg}^2(\phi - \gamma)} \quad (2)$$

После выхода [3] он же опубликовал без вывода уравнение:

$$\mu = 1 - \operatorname{tg}(\phi - \gamma) \quad (3)$$

Из всего спектра уравнений (более 10), предложенных разными авторами, остановимся на указанных. Из рис. 1 выразим величину угла ГОА, обозначив его W .

$$W = 90 - (\phi - \gamma)$$

Поскольку в пределах этого угла размещается стружка, то W целесообразно называть углом размещения стружки. Примем расположение УПД совпадающим с биссектрисой угла W . Тогда $v_\phi = v_\gamma = v$ и, следовательно

$$v = \frac{\pi}{4} - \frac{(\phi - \gamma)}{2}$$

Из рис. 1 следует, что угол трения ТЛЕ равен углу ВОГ. Это приводит к

$$\mu = \frac{1 - \operatorname{tg}\left(\frac{\phi - \gamma}{2}\right)}{1 + \operatorname{tg}\left(\frac{\phi - \gamma}{2}\right)} \quad (4)$$

На рис. 2 показано согласование уравнений (1)-(4).

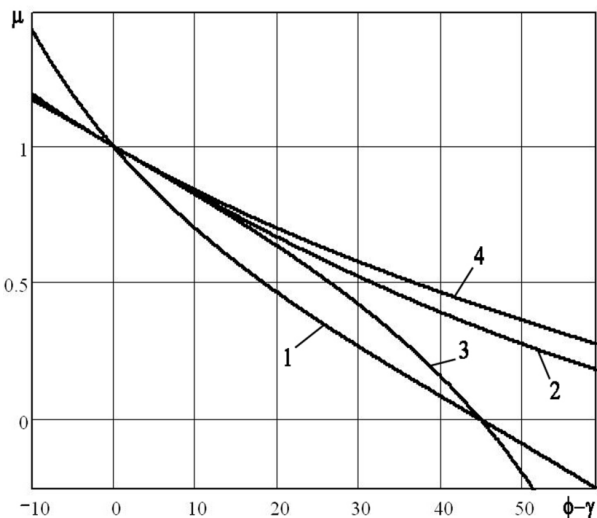


Рис. 2. Сопоставление результатов расчета μ по уравнениям (1)-(4).

Выводы из сопоставления результатов расчета μ по этим уравнениям:

1. Уравнения (1) и (3) пересекают ось $(\phi - \gamma)$ и уведут μ в область отрицательных значений, что для стационарных процессов противоестественно.

2. Уравнения (2) (4) приводят к кривым, которые не пересекают ось $(\phi - \gamma)$. Это выгодно отличает их от большинства известных уравнений.

В развитие вопроса укажем на путь коррекции уравнения (4), связанный с рассмотрением гидродинамических аспектов. В процессе направленного разрушения металлов резанием формируется особая контактная область обтекания клина вязкой медоподобной средой с наличием лобового и хвостового участков. По этим участкам происходит течение обрабатываемого металла в двух стадиях процесса.

На первой стадии происходит накопление энергии действия на лобовом участке ОМ обтекания клина обрабатываемым металлом, доведенным до состояния его текучести. Лобовой участок контактной пластической зоны сравнительно невелик, но именно на нем формируется зона направленного разрушения обрабатываемого металла резанием (ЗНР). И именно здесь, с нашей точки зрения наиболее велики энергозатраты на процесс направленного разрушения металлов резанием. ЗНР имеет наростообразную форму ОШМ. В этой зоне развивается гидростатическое давление, достигая огромных значений (1-10 ГПа). Оно сжимает обрабатываемый металл и доводит его до своеобразного плавления — состояния текучести. В момент разрушения металла происходит мгновенный сброс накопленной энергии в виде образования полосы локализации сдвигов с границами ШШГ и ММГ параллельными УПС.

Лобовой участок ОМ имеет отрицательное значение переднего угла $\Delta\gamma_l = -\frac{v_\gamma}{2}$ относительно передней грани инструмента. Хвостовой участок МГ наклонен к передней поверхности инструмента под дополнительным положительным передним углом $\Delta\gamma_{хв}$. Значение μ с учетом изложенных гидростатических представлений:

$$\mu = \operatorname{tg}\left[22,5 + \Delta\gamma_{хв} - \frac{\phi - \gamma}{4}\right] \quad (5)$$

Представленная на рис. 3 схема стружкообразования близка к экспериментальной картине преобразования координатной сетки, зафиксированной на больших скоростях резания с помощью взрывного вывода резца из контакта с обрабатываемой стальной заготовкой [3].

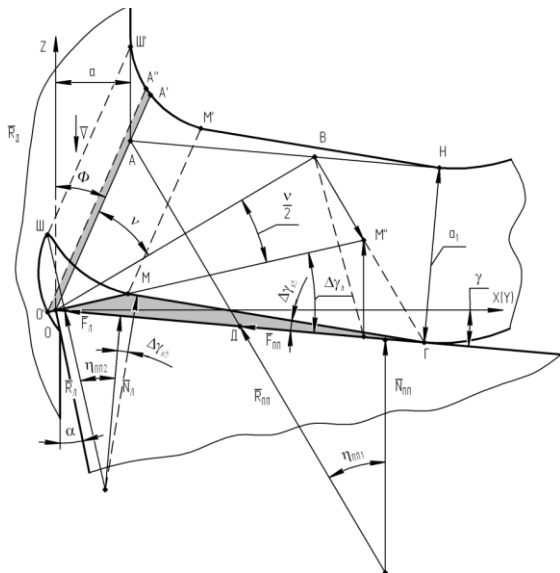


Рис. 3. Коррекционная схема безламельного стружкообразования

Проанализируем выражение (5). Отечественные и зарубежные профессионалы высказывают недоумение по поводу возрастания значений μ при увеличении γ . В то же время известно, что при больших γ значение ϕ приближается к значениям γ и, согласно (5), μ стремится к 0,4142 при $\Delta\gamma_{хв} = 0^\circ$ и пренебрежимо малом значении $\frac{\phi-\gamma}{4}$. Наличие даже небольших значений $\Delta\gamma_{хв}$ приводит к заметному увеличению μ , о чем свидетельствует таблица 1.

Таблица 1. Значение коэффициента μ

$\Delta\gamma_{хв}$	0	4	7	10	20	30	40
μ	0,41	0,5	0,577	0,64	0,916	1,303	1,921

Из данных таблицы видно, что вплоть до $\Delta\gamma_{хв} = 7^\circ$, сохраняется допустимый теоретический предел. Елифанов Г.И., отстаивая свою позицию на Всесоюзной конференции в Тбилиси еще в 1958 г., утверждал, что при резании металлов должны наблюдаться обычные значения μ . Представленная на рис. 3 схема коррекции позволяет прийти и к ряду других выводов:

- размер площадки ОМ предопределяет толщину зоны локализации сдвигов обрабатываемого металла, при преобразовании срезаемого слоя в стружку. По данным [3] толщина зоны локализации сдвигов, близка к половине длины УПС. Ими же установлено, что скорость сдвиговой деформации достигает максимальных значений до УПС. В нашей схеме этому соответствует затемненная полосочка $OO'A''A'AO$ в общей полосе локализации $ШШГ'A'M'MOO'$ сдвиговой деформации. Оба указанных вывода экспериментально подтверждают ранее высказанное математиком В.И. Садчиковым (Томск) положение о форме зоны локализации сдвигов с границами, параллельными

УПС. Сегодня эту концепцию развивает В.С. Кушнер [4];

- наличие лобового участка некоторой толщины обеспечивает его зависание над реальной вершиной клина и служит жесткой опорой для формирования «наростообразной» зоны направленного разрушения обрабатываемого металла резанием. Вершина ЗНР выходит влево от поверхности резания. Поскольку ЗНР «дышит» в процессе резания, то это неизбежно будет сказываться на продольной шероховатости обработанных поверхностей;

- если условия резания таковы, что на лобовом участке контактной пластической области происходит устойчивое адгезионно-когезионное схватывание, то образуется нарост. Форма нароста полностью соответствует форме ЗНР. Нарост, как явление самоорганизации процесса резания, берет на себя функцию самостоятельного режущего клина. Вершина нароста расположена левее и выше реальной вершины номинального клина, защищая режущий инструмент от износа. Ось нароста располагается вдоль вектора силы лобового сжатия. Идею гидродинамики в анализ процесса резания металлов ввел сотрудник Харьковского авиационного института М.М. Ламм в 30-х годах XX в.;

- касаясь величины коэффициента трения обработанной поверхности с задней гранью металлорежущего клина, можно высказать предположение о близости его значений 1. Это предположение основано на том, что обрабатываемый металл в окрестностях режущих кромок находится в вязком (расплавленном) состоянии под большим гидростатическим давлением и металл будет давить на заднюю грань и течь вдоль нее приблизительно с одинаковыми усилиями N_{3z} и F_{3z} . Иными словами N_{3z} и F_{3z} должны быть близки друг другу по величине, что и будет обеспечивать μ_{3z} близким к 1. При этом с увеличением степени деформации металла, движущегося по передней поверхности в виде рождающейся стружки, будет увеличиваться и гидростатическое давление и, следовательно, N_{3z} и F_{3z} также должны возрастать. Именно такие тенденции и выявлены в экспериментальных исследованиях, проведенных под руководством М.Ф. Полетики [5].

Выводы: изложенная в статье концепция зоны стружкообразования с условной плоскостью действия позволяет иначе взглянуть не только на количественную оценку коэффициента трения в процессе направленного разрушения металлов резанием, но и на длины контакта безламельной стружки с передней гранью металлорежущего инструмента и на ряд других аспектов сложнейшего и важнейшего в жизни развитых государств процесса массового и повсеместного применения [1-7]. Но это уже предмет дальнейшей работы авторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Градобоев, А.В. Оценка объема зоны направленного разрушения при обработке металлов резанием / А.В. Градобоев, М.К. Скаков, В.С. Матвеев, К.В. Баннов // Материалы Международного симпозиума «Наноматериалы для защиты промышленных и подземных конструкций» XI Международной конференции «Физика твердого тела» (ФТТ - XI) 9-12 июня 2010 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2010. С. 216-221.
2. Зорев, Н.Н. Развитие науки о резании металлов / Н.Н. Зорев, М.Ф. Полетика, В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1967. 480 с.
3. Куфарев, Г.Л. Стружкообразование и качество обработанной поверхности при несвободном резании / Г.Л. Куфарев, К.Б. Окенов, В.А. Говорухин. – Фрунзе: Мектеп, 1970. 171 с.
4. Кушнер, В.С. Теория стружкообразования / В.С. Кушнер, О.Ю. Бурганова. – Омск: ОмГТУ, 2011. 174 с.
5. Полетика, М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М.: Машиностроения, 1969. 151 с.
6. Старков, В.К. Физика и оптимизация резания материалов. – М.: Машиностроение, 2009. 640 с.
7. Ярославцев, В.М. Новое о процессе резания. Наука и образование. Электронное научно-техническое издание МГТУ им. Баумана. Июль 2011. 19 с.

FRICTION COEFFICIENT IN THE COURSE OF METALS DIRECTIONAL DESTRUCTION BY CUTTING

© 2012 V.S. Matveev, K.V. Bannov

Yurginskiy Technological Institute
Branch of National Research Tomsk Polytechnical University

In this article the new approach to estimation of mean values of friction coefficient of swaft with the face surface of the tool is considered.

Key words: *friction coefficient, directional destruction, metal metals*

Konstantin Bannov, Assistant at the Department
“Technology of Mechanical Engineering”. E-mail:
bannovkv@gmail.ru

Valeriy Matveev, Associate Professor at the Department
“Technology of Mechanical Engineering”