

РАБОТА ТРЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

Л. М. СЕДОКОВ

О роли трения в процессе резания металлов высказываются различные, в том числе прямо противоположные суждения. Л. С. Мурашкин [1], Г. Н. Епифанов [2] и др. считают, что в процессе стружкообразования коэффициент трения на передней грани имеет обычные значения (0,1—0,2). Н. Н. Зорев [3] экспериментально показал существенное изменение коэффициента трения при переменных условиях резания. При обработке стали 35ХЗМН резцом, имеющим передний угол $\gamma = 10^\circ$, коэффициент трения по его данным равен 0,8; 1,1; 0,5, если температура на передней грани равна соответственно 300, 500 и 1000°C .

М. И. Клушин и М. Б. Гордон [4] пришли к выводу о том, что сила трения, отнесенная к площади среза, является решающим фактором, определяющим протекание всего процесса стружкообразования. В противоположность этому Лоуэн в дискуссии по работе Линга и Сайбеля [5] отметил, что лучше даже не касаться коэффициента трения как основного фактора процесса резания.

На основании многочисленных опытов [3, 6] установлено, что повышение среднего коэффициента трения ведет к возрастанию степени пластической деформации снимаемого слоя.

Ранее была предложена зависимость между углами трения, резания и сдвигов [7]

$$\mu = 1 - \operatorname{tg}(\beta_1 - \gamma). \quad (1)$$

Здесь β_1 — угол сдвигов, определяемый по усадке стружки, который вместе с передним углом режущего элемента — γ определял величину относительного сдвига в металле, превращенном в стружку. На рис. 1 дана экспериментальная проверка зависимости (1) по опытам ряда исследователей [3, 6, 8].

Хорошее экспериментальное подтверждение зависимости (1) на всем диапазоне изменения основных параметров механики стружкообразования согласуется с мнением И. В. Крагельского о том, что в общем случае сила трения определяется сопротивлением объемному деформированию металла и разрушением контактных пленок, а также о том, что «природа материалов влияет меньше на коэффициент трения, чем внешние условия» [9].

Наличие единой связи между углами трения, сдвигов и резания для исследованных материалов и всех режимов резания за исключением таких, при которых трудно установить общую плоскость сдвигов, отражает

особенности трения в процессе резания. Трение существенно влияет на процесс пластической деформации и при обработке давлением. Но характер этого влияния иной. При осадке твердых тел между шероховатыми плитами сила осадки зависит от трения на контактных поверхно-

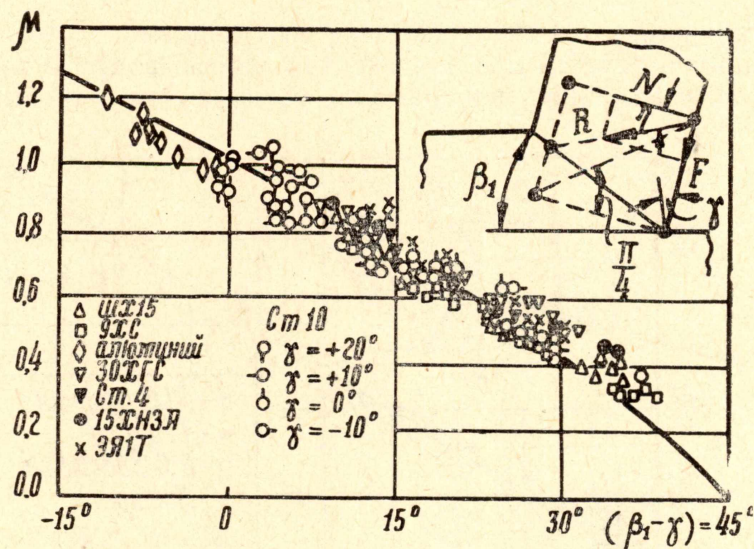


Рис. 1. Экспериментальная проверка связи между углами трения, резания и сдвига

стях. Но, несмотря на это, при осадке можно получить любую степень пластической деформации (если материал достаточно пластичен) при любом значении коэффициента трения на торцах деформируемого тела. При резании металлов условия трения, определяя направление равнодействующей силы, в то же время определяют направление плоскости сдвигов, а следовательно, и степень пластической деформации металла, превращаемого в стружку. Таким образом, коэффициент трения при резании металлов проявляет себя как кинематический параметр процесса стружкообразования, что и отражает зависимость (1).

Применяя для анализа механики стружкообразования безразмерные параметры, которые представляют собой соответствующие удельные силы резания при условии, если сопротивление обрабатываемого металла резанию, выражаемое величиной касательных напряжений, действующих в плоскости сдвигов, всегда равно единице, на основании (1) установили [10]

$$K_1 = \varepsilon + 1. \quad (2)$$

Здесь

K_1 — безразмерный параметр, который численно равен удельной работе стружкообразования при условии, если сопротивление резанию обрабатываемого металла равно единице.

ε — относительный сдвиг, который определяется по формуле

$$\varepsilon = \operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{tg} (\beta_1 - \gamma). \quad (3)$$

На рис. 2 показана экспериментальная проверка зависимости (2), связывающей работу резания со степенью пластической деформации. На прямую (2) укладываются все известные в литературе экспериментальные результаты. На рис. 2 приведена только часть этих результатов. Пока не найдено пределов применения зависимости (2).

Учитывая, что работа резания состоит из двух основных частей: работы пластической деформации $A_{\text{пл}}$, которая пропорциональна вели-

чине относительного сдвига (3), и работы трения — $A_{тр}$, можно установить соотношение между составными частями работы резания

$$\frac{A_{тр}}{A_{пл}} = \frac{1}{\varepsilon} \quad (4)$$

Соотношение (4) подтверждается данными, приведенными на рис. 2. Оно согласуется с экспериментальным выводом о том, что удельный вес работы трения уменьшается с увеличением степени деформации.

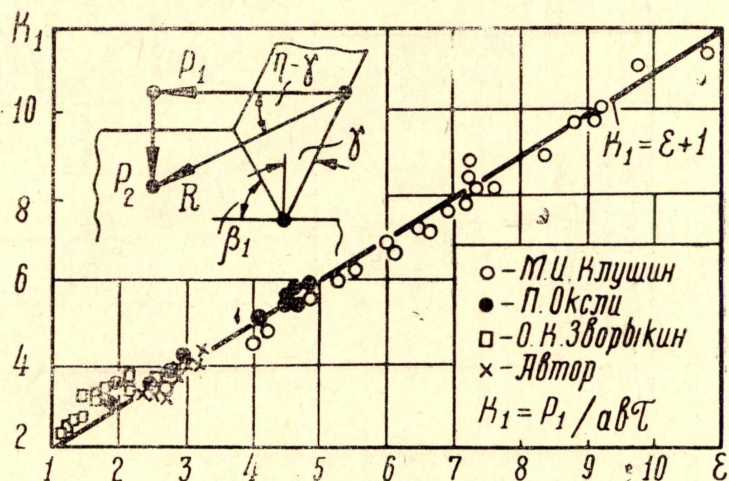


Рис. 2. Расчетная и фактическая связь между силой резания и деформацией стружки

Иногда высказываются сомнения, является ли величина, полученная по результатам измерения сил резания трехкомпонентным динамометром, действительно коэффициентом трения. Может быть эта величина помимо коэффициента трения включает в себя еще какие-то параметры, отражающие специфику процесса резания? Чем объяснить высокие значения коэффициента трения при резании обычных металлов?

Если рассматривать коэффициент трения как характеристику направления общей силы взаимодействия между двумя скользящими друг по другу твердыми телами, а именно так рассматривается коэффициент трения в общей теории трения [9, 11], то, учитывая схему сил, возникающих на передней грани, которая представлена на рис. 1, никаких оснований для указанных сомнений нет.

Высокое значение коэффициента трения при резании металлов имеет место не всегда (рис. 1). Столь же высокое значение коэффициента трения отмечается и в других видах трения, например, при соскальзывании по наклонной плоскости частиц весьма мелких порошков [11]. Применительно к процессу резания мнение Б. В. Дерягина [11] о существенном влиянии молекулярных сил взаимодействия приобретает наибольшую достоверность, поскольку в процессе стружкообразования контактируются ювенильные, только что образованные поверхности, а нормальные к передней поверхности резца силы весьма малы.

Безусловно, зависимости (1), (2) и (4), связывающие трение с происходящей деформацией в процессе резания, не вскрывают физической природы трения, но позволяют по конечному результату оценить роль трения в изучаемом процессе. Здесь также надо иметь в виду то, что при резании металлов динамометрированием определяется средний коэффициент трения, что соотношения между касательным и нормальным напряжениями в различных точках площадки контакта стружки с резцом будут существенно различаться между собой.

Однако эти зависимости позволяют вести расчет сил резания на основе фактической сущности явления, дают возможность рассчитать коэффициент трения по усадке стружки, определить соотношение составных частей работы резания без регистрации возникающих в процессе резания сил. Последнее обстоятельство может послужить основой для разработки методики изучения сложных законов трения при резании металлов без динамометрирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. С. Мурашкин. Некоторые вопросы процесса образования стружки при скоростном резании стали. Сб. «Прогрессивная технология машиностроения», ч. II, Машгиз, 1952.
2. Г. Н. Епифанов. О двух теориях резания металлов. Журнал технической физики, т. 22, вып. 3, АН СССР, 1952.
3. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, 1956.
4. М. И. Клушин. Резание металлов. Машгиз, 1953.
5. F. F. Ling, Saibel Edward. Interaction of friction and temperature at the chip-tool interface in metal machining. Trans. ASME, 77, N 5, 1954.
6. А. М. Розенберг, А. Н. Еремин. Элементы теории процесса резания металлов. Машгиз, 1956.
7. Л. М. Седоков. Расчет коэффициента трения при резании металлов. «Станки и инструмент», № 2, 1958.
8. G. Altmeyer, H. Kranf. Über Schnitkraftmessungen beim Drehen mit Aluminiumoxydschneidplatten. Werkstattstechnik, 51, Heft 9, 1957.
9. И. В. Крагельский, И. Э. Виноградова. Коэффициенты трения. Машгиз, 1962.
10. И. А. Немировский и др. Повышение производительности крупных металлорежущих станков. Машиностроение, 1965.
11. Б. В. Дерягин. Что такое трение? Изд-во АН СССР, М., 1963.