

РАСЧЕТ РАВНОДЕЙСТВУЮЩЕЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ
ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ПРОЦЕССА
СТАТИЧЕСКОГО СЖАТИЯ

Г. Л. КУФАРЕВ, В. А. ГОВОРУХИН, Ю. П. ОЛЕЙНИК

(Представлена научным семинаром кафедр
станков и резания металлов и технологии машиностроения)

Для того, чтобы рассчитать величину равнодействующей силы резания, необходимо, помимо величины касательного напряжения на верхней границе зоны пластической деформации, пути определения которой изложены в работах [1, 2], знать еще значение силы P_N (рис. 1).

Сила P_N зависит от величины гидростатического давления. Как показали исследования [3], величина гидростатического давления переменна по толщине стружки, и полагать ее постоянной, что существенно упростило бы решение стоящей перед нами задачи, ни в коем случае

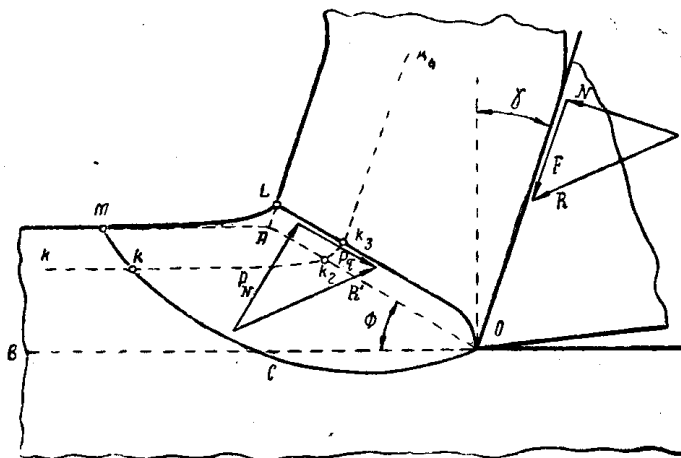


Рис. 1

нельзя. Определить величину гидростатического давления по деформации материала в стружке, как это сделано для касательных напряжений, не представляется возможным, поскольку прямая связь между гидростатическим давлением и деформацией отсутствует. Величина гидростатического давления определяется лишь граничными условиями на передней грани резца и на свободной поверхности стружки.

В силу этого предлагается определять величину силы P_N , не оперируя гидростатическим давлением. В соответствии со схемой на рис. 1 можно записать:

$$F = P_N \cdot \cos(\Phi - \gamma) - P_\tau \cdot \sin(\Phi - \gamma).$$

Решая это уравнение относительно интересующей нас силы, получим:

$$P_N = \frac{F}{\cos(\Phi - \gamma)} + P_\tau \cdot \operatorname{tg}(\Phi - \gamma). \quad (1)$$

Если полагать известными степень деформации металла стружки e_i , а следовательно, и величину угла Φ , а также характеристики кривой течения материала при статическом сжатии, то единственной неизвестной величиной в уравнении (1) будет являться величина силы трения F . Она может быть выражена следующим образом:

$$F = q_F \cdot b \cdot c, \quad (2)$$

где q_F — удельная сила трения на передней грани резца;
 c — длина площадки контакта стружки с резцом;
 b — ширина срезаемого слоя.

Величина c может быть определена по уравнению, предложенному Н. Г. Абуладзе [4]:

$$c = a [\zeta(1 - \operatorname{tg}\gamma) + \operatorname{sec}\gamma]. \quad (3)$$

Здесь a — толщина срезаемого слоя.

Справедливость этой зависимости для определения длины пластического контакта стружки с резцом подтверждена опытами Н. Н. Зорева, В. Ф. Боброва, В. Чао и К. Триггера, а также результатами большого числа опытов, выполненных авторами данной статьи. Опыты проводились при резании следующих сталей: ст. 20, ст. 60, ст. 2Х13, ст. 30ХГСА, ст. У10А, ст. 4Х13, ст. Х12, ст. 9Х18, ст. 3Х2В8, ст. 45Х и армко-железа.

Величина q_F определялась в этих опытах по силе трения, рассчитанной по измеренным составляющим силы резания, и длине пластического контакта стружки с резцом, рассчитанной по формуле (3). При этом оказалось, что величина удельной силы трения пропорциональна интенсивности деформации металла стружки, однако степень пропорциональности зависит от марки обрабатываемого материала. Увеличение значения величины q_F с ростом степени деформации качественно подтверждено многочисленными опытами, выполненными Н. Н. Зоревым [5].

Сопоставление зависимости величины q_F от интенсивности деформации с кривыми течения при сжатии (на рис. 2 в качестве примера представлены такие результаты для четырех из одиннадцати обрабатывавшихся в опытах материалов) показало, что линии, проведенные через точки экспериментальных значений q_F , практически параллельны политропической части кривой течения, то есть интенсивность нарастания величины q_F с увеличением деформации металла стружки совпадает с интенсивностью нарастания величины $\frac{\sigma_i}{2}$ в процессе сжатия. При этом величина удельной силы трения существенно меньше интенсивности напряжения при сжатии.

В силу указанных обстоятельств удалось аппроксимировать линию изменения величины q_F при увеличении интенсивности деформации металла стружки уравнением:

$$q_F = \frac{1}{2} (A \cdot e_i^k) - \Delta. \quad (4)$$

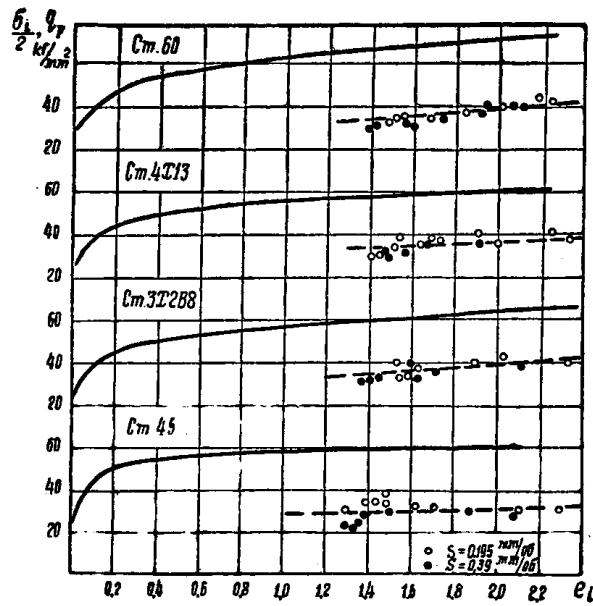


Рис. 2

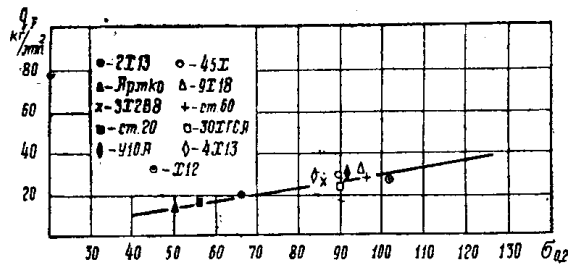


Рис. 3

Здесь первое слагаемое есть не что иное, как $\frac{\sigma_i}{2}$ при данной степени деформации металла в процессе сжатия и, следовательно, определяется кривой течения, полученной при сжатии. Величина Δ есть разница между величинами $\frac{\sigma_i}{2}$ и q_F .

Исследования показали, что величина Δ зависит от свойств обрабатываемого металла, увеличиваясь прямо пропорционально величине $\sigma_{0,2}$ (рис. 3). При этом обнаруживается связь:

$$\Delta = 0,278 \cdot \sigma_{0,2}, \quad (5)$$

где $\sigma_{0,2}$ — интенсивность напряжений при интенсивности деформации $e_i = 0, 2$ в процессе сжатия.

Такая связь не является случайной. В работе М. Ф. Полетики [6] приводится график, на котором величина q^F связана также практически прямолинейной зависимостью с действительным пределом прочности обрабатываемого материала.

Таким образом, имея кривую течения при сжатии и зная конечную степень деформации металла стружки, можно определить, используя уравнения 2, 3, 4 и 5, величину силы трения, а затем по уравнению (1) и величину силы P_N .

Тогда равнодействующая сила резания определится уравнением

$$R = \sqrt{P_N^2 + F_T^2}$$

Получаемая в этих расчетах информация оказывается достаточной и для определения технологических составляющих силы резания.

Следует подчеркнуть, что предлагаемый путь решения задачи определения равнодействующей силы резания, в отличие от других аналогичных решений, не требует знания величины коэффициента трения между стружкой и передней гранью резца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Л. Куфарев, М. Г. Гольдшмидт, В. А. Говорухин, Ф. К. Плешаков. Определение силы сдвига при резании с микроскоростями. Настоящий сборник.
 2. Г. Л. Куфарев, В. А. Говорухин. Сопротивление деформации при резании металлов. Настоящий сборник.
 3. Г. Л. Куфарев, М. Г. Гольдшмидт, В. А. Говорухин. Экспериментальная проверка гипотез о напряженности в зоне резания. Настоящий сборник.
 4. Н. Г. Абуладзе. Характер и длина пластического контакта стружки с передней поверхностью инструмента. Сб. «Обрабатываемость жаропрочных и титановых сплавов». КуАИ, Куйбышев, 1957.
 5. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, М., 1956.
 6. М. Ф. Полетика. Контактные явления при резании металлов. Известия ТПИ, т. 133, 1965.
-