

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ТИТАНА

М. Ф. ПОЛЕТИКА, А. И. АФОНАСОВ

(Представлено профессором доктором А. М. Розенбергом)

Одной из особенностей развития металлообработки в последние два десятка лет является резкое увеличение номенклатуры обрабатываемых материалов, вызванное все более широким применением в технике различных цветных металлов, в том числе таких, как титан, цирконий, ниобий, бериллий, и других, дотоле считавшихся редкими.

Немаловажное место среди этих металлов занимают титан и его сплавы. Сочетание малого удельного веса с большой прочностью, чрезвычайно высокая сопротивляемость коррозии и некоторые другие ценные свойства сделали их незаменимыми в авиационной технике, химическом машиностроении, морском судостроении и других отраслях промышленности.

По обрабатываемости резанием титановые сплавы занимают промежуточное положение между нержавеющей сталью и жаропрочными сплавами. Основные причины затруднений при их обработке — низкая теплопроводность и относительно высокая твердость этих сплавов.

Немногочисленные публикации по обработке титановых сплавов резанием, появившиеся за последние годы в специальной литературе, представляют собой преимущественно обобщение практических рекомендаций.

Процесс образования стружки при резании титана и его сплавов и динамика этого процесса рассматриваются только в двух-трех работах [1, 2, 3], причем в очень ограниченном объеме. Пробел этот и должны в некоторой мере восполнить исследования, ведущиеся в лаборатории резания металлов ТПИ. Некоторые их итоги, касающиеся опытов с титановым сплавом ВТ-2, были опубликованы ранее [4, 5].

В настоящей работе излагаются результаты экспериментального исследования процесса резания технически чистого титана.

Технически чистый титан (сплав ВТ-1) в противоположность большинству титановых сплавов является относительно пластичным металлом. Его механические характеристики: временное сопротивление разрыву $\sigma_B = 80 \text{ кг/мм}^2$, относительное удлинение при разрыве $\delta = 25\%$; твердость НВ=200 кг/мм². Примерно такие же свойства имеет углеродистая сталь средней твердости.

Опыты по резанию технического титана были поставлены на токарном станке модели 1Д63А. Диапазон изменения скорости резания со-

ставлял от 4 до 180 м/мин. Подача изменялась от 0,03 до 0,47 мм/об. Глубина резания во всех опытах оставалась постоянной и равной 2,5 мм.

В качестве резцов были использованы твердосплавные пластинки марки ВК4, которые затачивались и доводились со следующими геометрическими параметрами: передний угол — 10° , задний угол — 10° , угол в плане — 70° , вспомогательный угол в плане — 20° , угол наклона главной режущей кромки — 0° .

В каждом опыте измерялись усадка стружки, длина контакта стружки с резцом, температура резания (методом естественной термопары) и сила резания. Для определения силы резания был применен трехкомпонентный упругоэлектрический динамометр с проволоочными тензодатчиками. [6]. Прибор этот использовался в комплекте с трехканальным тензометрическим усилителем ИДД-2. Отсчет производился по щитовым микроамперметрам типа М24 визуально, а также путем фотографирования щита с приборами.

Результаты измерения силы резания приводятся на рис. 1 и 2. Кривые зависимости силы от скорости резания получились плавными без характерных для стали „горбов“ и „впадин“, что свидетельствует об отсутствии нароста при обработке титана. Главная составляющая P_z довольно заметно зависит от скорости, особенно в области малых скоростей. Влияние скорости резания на силы P_x и P_y проявляется несколько своеобразно.

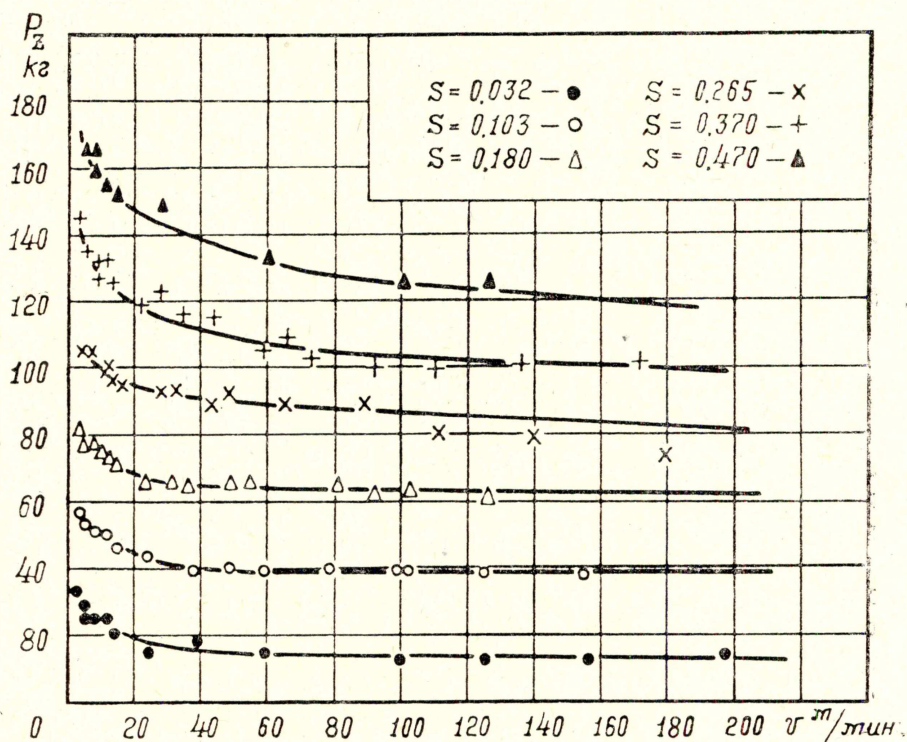


Рис. 1. Зависимость главной составляющей силы резания от скорости. Резец ВК4 $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 70^\circ$, глубина резания $t = 2,5$ мм.

Сначала с ростом скорости обе они падают, причем тем более резко, чем крупнее подача. При подаче $S = 0,47$ мм/об P_x уменьшается примерно в 4 раза, а P_y — более чем в 4 раза. С дальнейшим ростом скорости силы P_x и P_y уже не меняются и одинаковы для всех подач. Иначе говоря, подача перестает влиять на горизон-

тальные слагающие силы резания. С увеличением подачи в 15 раз силы P_x и P_y остаются постоянными.

Этот парадокс нашел свое объяснение после того, как из общих сил, действующих на резец, были исключены силы на задней грани (для этого мы воспользовались методикой экстраполяции линий $P = f(S)$ на нулевую подачу и подсчитали коэффициент трения стружки о резец (рис. 4). Оказалось, что, начиная со скорости резания $80 \div 100$ м/мин,

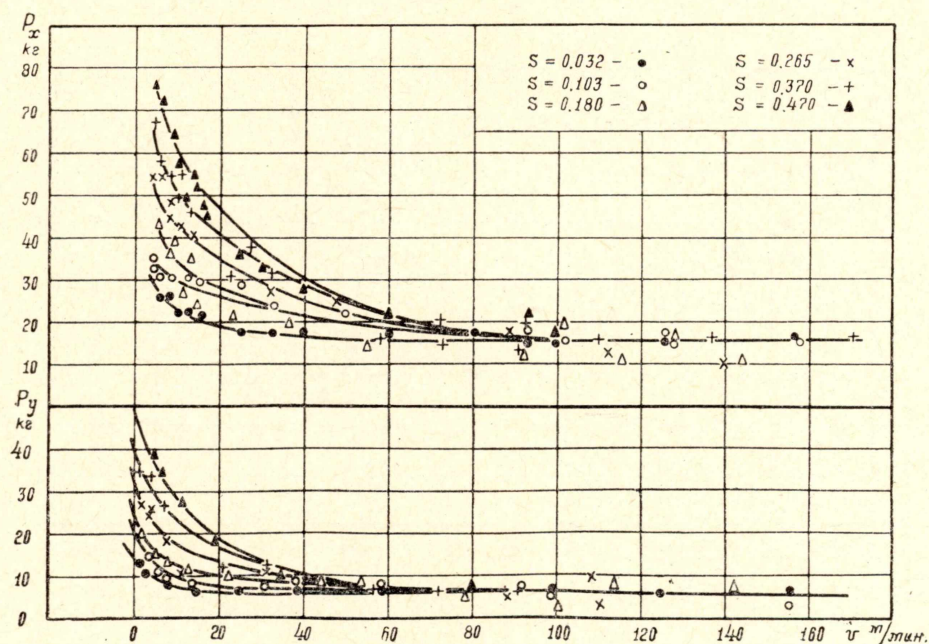


Рис. 2. Влияние скорости резания на составляющие P_x и P_y .
Резец ВК4, $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 70^\circ$, глубина резания $t = 2,5$ мм.

угол трения становится равным переднему углу ($\text{arctg } 10^\circ = 0,176$). При этом равнодействующая сила на передней грани будет направлена параллельно вектору скорости резания, а ее горизонтальная слагающая равна нулю. Тогда суммарная горизонтальная сила будет определяться только силой на задней грани резца. Последняя же не зависит от подачи.

В самом деле, горизонтальную силу R_{xy} можно выразить через ее составляющие на передней и задней гранях следующим образом:

$$R_{xy} = F \cos \gamma - N \sin \gamma + N_1,$$

где N — нормальная сила на передней грани, F — сила трения стружки о резец, N_1 — нормальная сила на задней грани и γ — передний угол. После несложных преобразований это выражение приводится к виду

$$R_{xy} = N \cos \gamma (\nu - \text{tg } \gamma) + N_1,$$

где ν — коэффициент трения стружки о резец.

Нетрудно видеть, что при $\nu = \text{tg } \gamma$ получим $R_{xy} = N_1$, то есть горизонтальная составляющая силы резания равна нормальной силе на задней грани, которая от подачи не зависит.

На рис. 3 показана зависимость усадки стружки от температуры резания. Помимо малых абсолютных значений усадки, что характерно для титана и его сплавов и отмечается всеми исследователями, мы обнаруживаем на этом графике однозначную связь между усадкой и температурой. Подача, следовательно, влияет на усадку стружки только как температурный фактор, точно так же, как это наблюдается при резании стали.

Изучение строения титановой стружки показало, что с повышением скорости резания сливная стружка переходит в элементную. Способствует возникновению элементной стружки и увеличение подачи. Это явление было ранее обнаружено при точении малопластичного титанового сплава ВТ-2 и получило свое объяснение [5]. Оказывается, оно присуще титановым сплавам вообще и, по-видимому, есть результат их повышенной чувствительности к скорости деформирования.

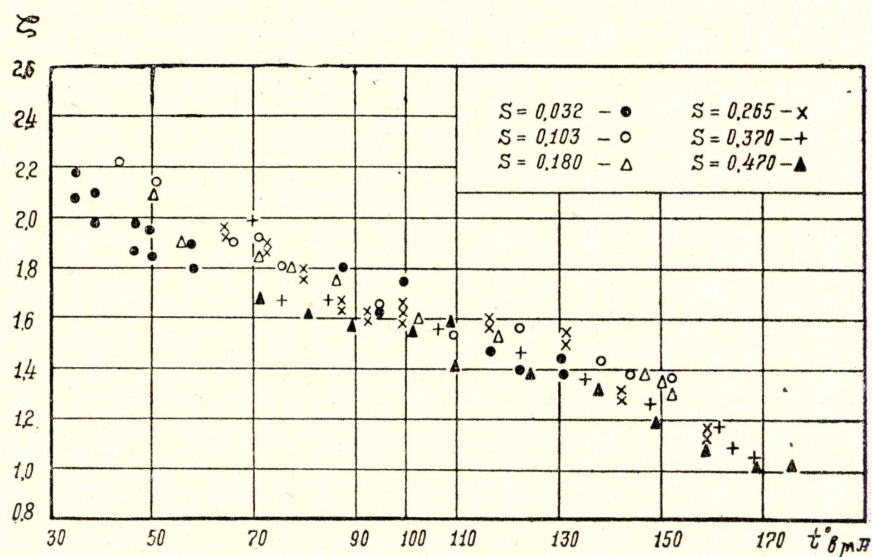


Рис. 3. Зависимость усадки стружки от температуры резания. Резец ВК4, $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 70^\circ$, глубина резания $t = 2,5$ мм.

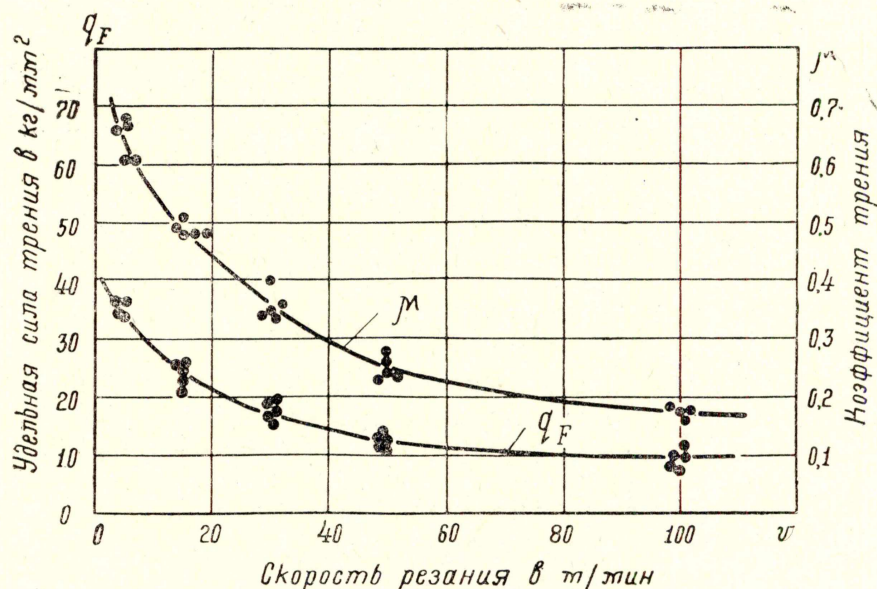


Рис. 4. Влияние скорости резания на удельную силу трения и коэффициент трения на передней грани. Резец ВК4, $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 70^\circ$, глубина резания $t = 2,5$ мм.

Исследуя причины уменьшения усадки стружки с ростом скорости резания, мы подсчитали также удельную силу трения на передней грани, ориентируясь на видимую площадь контакта стружки с резцом. Результаты этого подсчета нанесены на рис. 4. Мы убеждаемся, что с увеличе-

нием скорости резания удельная сила трения q_F уменьшается. Очевидно, это и обуславливает понижение коэффициента трения и уменьшение усадки стружки.

Абсолютные значения q_F и ρ при резании технического титана хотя и выше, чем при резании сплава ВТ-2, но по-прежнему много меньше, чем мы получаем для стали с теми же механическими свойствами, что и титан. Являясь результатом особого характера взаимодействия титана с воздушной средой, эти особенности процесса резания титана и приводят к малой величине усадки стружки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даниелян А. М. Тепловой баланс при резании титанового сплава ВТ-2. Вестник машиностроения, № 1, 1957.
 2. Чубаров А. Д., Новиков Н. Н. Особенности деформации поверхностных слоев титановых и жаропрочных сплавов при обработке резанием. Вестник машиностроения, № 9, 1958.
 3. Резников Н. И. Об «отрицательной» усадке при обработке титановых сплавов. Труды Куйбышевского авиационного института, вып. IX, 1959.
 4. Полетика М. Ф. Трение при резании титанового сплава на микроскоростях. Известия вузов СССР, Машиностроение, № 9, 1960.
 5. Полетика М. Ф. Исследование особенностей процесса резания титанового сплава ВТ-2. Известия вузов СССР, Машиностроение, № 11, 1961.
 6. Васильев В. И. Применение проволочных датчиков для измерения сил резания при обработке металлов. «Периодическая информация», тема № 28, № К-54-83, Москва, 1953.
-