

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ИНСТРУМЕНТА НА ПРОЦЕСС СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ

М. Ф. ПОЛЕТИКА

(Представлена проф. докт. А. М. Розенбергом)

В процессе резания материал режущего инструмента и обрабатываемый материал являются двумя элементами трущейся пары стружка-резец. Как известно, условия трения при резании весьма специфичны. Они характеризуются высокой чистотой соприкасающихся поверхностей, большими контактными давлениями и высокой температурой в зоне контакта. Поэтому трение при резании всегда сопровождается глубокими пластическими деформациями в контактном слое стружки.

В таких условиях следует ожидать, что сопротивление трению должно определяться главным образом механическими характеристиками обрабатываемого материала, точнее материала стружки. Как же будет себя проявлять материал инструмента? Частичный ответ на этот вопрос мы находим у Н. Н. Зорева [1], согласно опытам которого материал инструмента слабо влияет на процесс стружкообразования.

С точки зрения физики процесса трения опыты Н. Н. Зорева недостаточны, чтобы ответить на вопрос о роли в трении материала инструмента, хотя бы потому, что они проведены с очень ограниченным числом материалов, близких по своему химическому составу. Задавшись целью получить более полное решение этой задачи, мы поставили опыты по резанию с широким диапазоном изменения свойств материала инструмента. Ниже излагаются некоторые результаты этих опытов.

С целью уменьшения числа факторов, влияющих через материал инструмента на процесс резания, в качестве обрабатываемого материала был сначала взят свинец. Резание свинца характеризуется относительно большой усадкой стружки, что является благоприятным фактором, так как повышает чувствительность выбранного метода исследования. В то же время температура резания при обработке свинца очень невелика, что позволяет чрезвычайно широко менять свойства материала инструмента, не опасаясь за его режущие качества.

Наконец, свинец в качестве обрабатываемого материала имеет еще одно преимущество. По существующим воззрениям [2, 3], способность трущихся пар к схватыванию и противозадирные свойства металла, работающего в паре с другим металлом (или неметаллическим материалом), зависят в сильной степени от их химического сродства и, в частности, от их взаимной растворимости в твердом состоянии. С этой точки зрения свинец тем отличается, что он не образует твердых растворов ни с одним из элементов, входящих в состав режущих материалов, за исключением титана. Последний может растворяться в свинце

(в твердом состоянии), равно как и образовывать с ним химические соединения.

Результаты опытов по резанию свинца резцами из 5 различных материалов представлены на рис. 1. Мы видим, что материал инструмента заметно влияет на усадку стружки, причем это влияние не находится в какой-либо связи с его способностью к схватыванию. Иначе следовало бы ожидать, что наибольшая усадка стружки получится при использовании инструментального материала с большим содержанием титана.

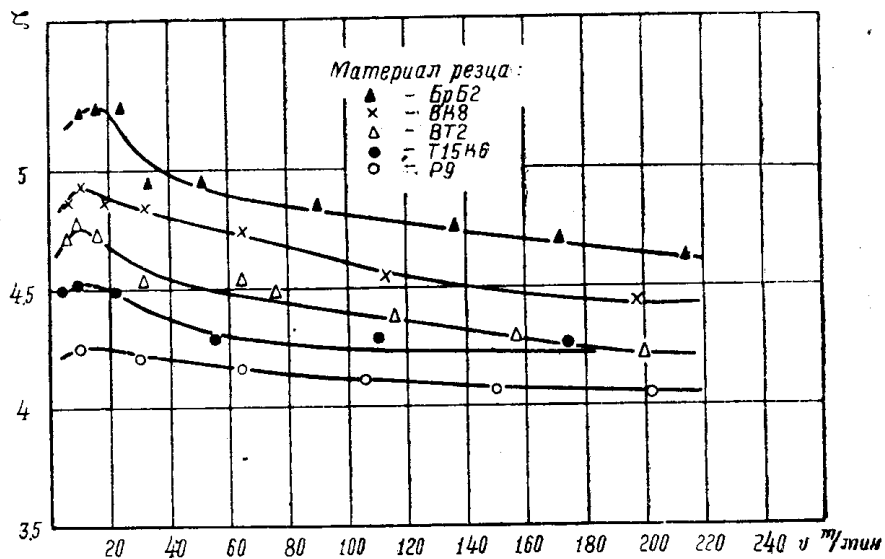


Рис. 1.

Между тем кривая усадки стружки для этого сплава находится где-то посередине.

Чем же в таком случае объяснить влияние материала инструмента на усадку стружки при резании свинца?

На этот вопрос убедительно отвечает график на рис. 2, воспроизводящий зависимость усадки стружки (при постоянной скорости резания) от теплопроводности инструментального материала. Чем выше теплопроводность, тем ниже должна быть температура резания, тем большей оказывается усадка стружки. И тот факт, что сплав ВТ-2 выпадает из этой закономерности, не противоречит ей, а скорее ее подтверждает, так как несомненно является результатом способности этого металла схватываться со свинцом.

Пунктирная кривая на том же графике построена по данным Н. Н. Зорева и соответствует случаю обработки стали. Мы видим, что и здесь механизм влияния инструментального материала на усадку стружки заключается в изменении температуры резания как функции теплопроводности инструмента. Это свидетельствует об общем характере замеченной нами закономерности.

Необходимо указать, что характер влияния температуры резания на усадку стружки в данном случае несколько иной, чем наблюдается обычно при изменении температуры за счет смены режима резания. Как известно, изменение подачи или глубины резания вызывает только смещение кривой $\zeta = f(v)$ вдоль оси скоростей, причем выдерживается закон: равным температурам соответствуют равные усадки стружки. Нетрудно видеть, что в данном случае этот закон уже неприменим. Это следует хотя бы из несовпадения по высоте горбов кривых на рис. 1.

Чтобы выяснить, сколь существенно может влиять на процесс резания способность материала инструмента к схватыванию с обрабатываемым материалом, были поставлены опыты по резанию красной меди. В отличие от свинца медь образует твердые растворы и химически активна по отношению к большинству металлов, и выбрать «инертный» в этом отношении режущий материал оказалось довольно затруднительным. Были проведены предварительные опыты, которые позволили по усадке стружки примерно оценить влияние различных инструментальных материалов на процесс резания. После этого уже мы перешли

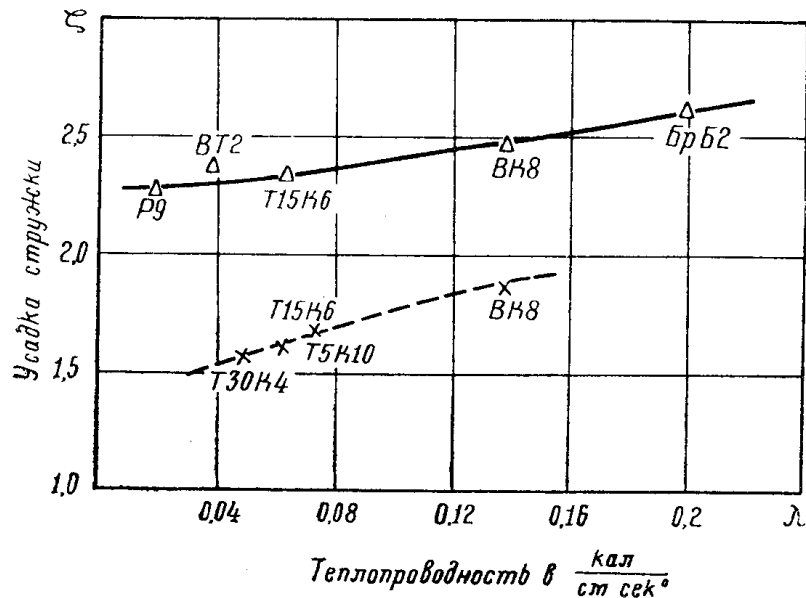


Рис. 2.

к опытам с изменением всех характеристик процесса стружкообразования, воспользовавшись двумя резами: из сплава ВТ-2 и из бериллиевой бронзы БрБ2. Последняя содержит около 98% меди и, следовательно, должна обнаруживать максимальную способность к схватыванию с медной стружкой.

Оба реза были термически обработаны на одинаковую и достаточно высокую твердость ($H_v = 360$), что позволило изменять скорость резания до 130 м/мин. Передний угол был равен 25°. При меньших передних углах процесс резания становился неустойчивым, что препятствовало получению надежных результатов.

Результаты опытов по резанию меди представлены на рис. 3, 4 и 5. Они весьма показательны. Мы видим, что переход от титанового сплава к бериллиевой бронзе в качестве инструментального материала вызвал увеличение длины контакта стружки с резцом в 3 раза, усадки стружки в 2 с небольшим раза. Силы резания при этом увеличились: P_z в 2 раза, R_{xy} — в 4 с лишним раза. Коэффициент трения возрос от 1 до 3.

Столь резкое изменение всех характеристик процесса резания наблюдается в данном случае потому, что бронза БрБ2 по сравнению с титановым сплавом обладает не только повышенной способностью к схватыванию, но и более высокой теплопроводностью.

На рис. 5 показаны также результаты подсчета контактных напряжений на передней грани. Характерно, что удельная сила трения, несмотря на скачок всех характеристик, со сменой инструмента меняется незначительно. Это происходит потому, что обрабатываемый материал в обоих случаях один и тот же, а касательное напряжение на контакт-

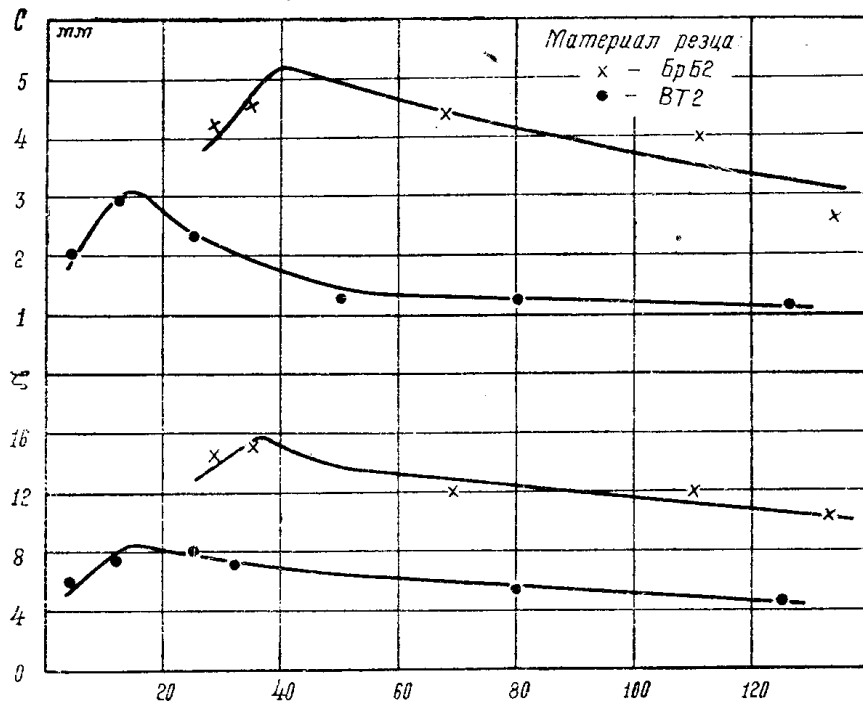


Рис. 3.

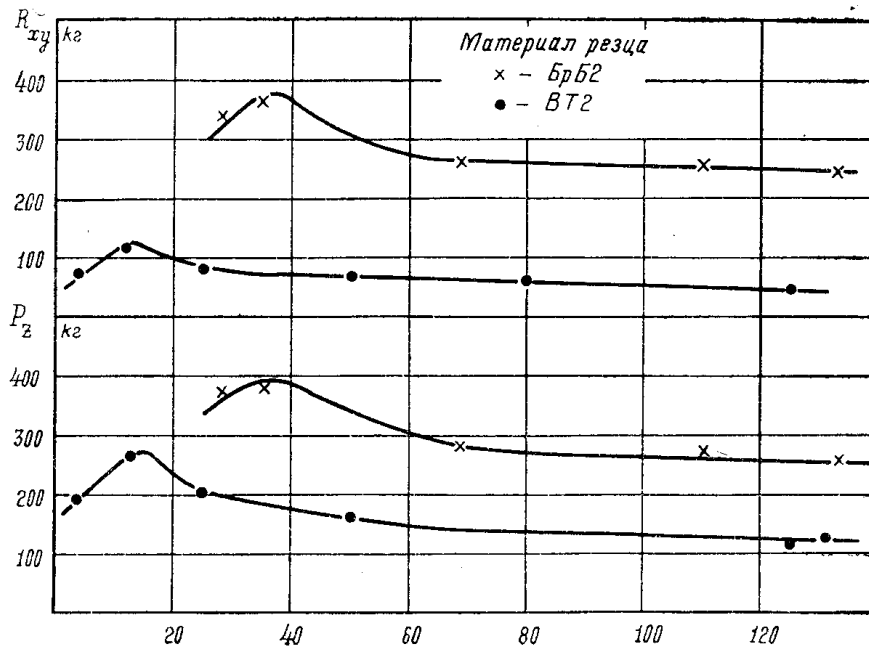


Рис. 4.

ной поверхности есть функция деформации поверхностного слоя стружки. Нормальное напряжение, напротив, при резании бронзовым резцом много ниже, чем для титанового резца, что связано с резким изменением размера площадки контакта.

Таким образом, результаты исследования влияния инструментального материала на процесс резания, изложенные выше, показывают, что природа этого влияния двойкая. Во-первых, инструмент влияет на характеристики процесса резания через свою теплопроводность, за счет

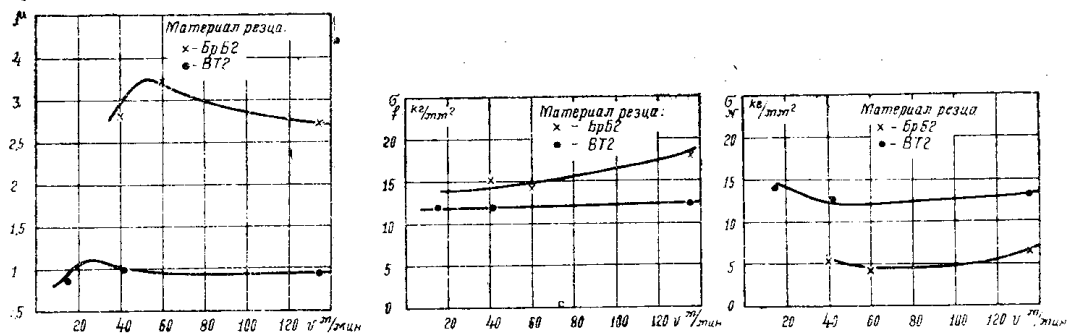


Рис. 5.

изменения которой меняется температура резания. Во-вторых, может сказываться, и притом очень существенно, способность инструмента к схватыванию с материалом стружки. Это свойство проявляется через изменение длины контакта стружки с резцом и в некотором смысле идентично действию среды на процесс резания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, М., 1956.
2. А. П. Семенов. Вопросы теории схватывания металлов. В кн. «Износ и износостойкость. Антифрикционные материалы». АН СССР, М., 1960.
3. Roach A. E., Goodzeit C. L., Hinnicutt R. P. — Frictional characteristics and surface damage of thirty — nine different elemental metals in sliding contact with iron. — «Trans. ASME», 78 (1956), 8.