

## ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

А. И. АФОНАСОВ

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

При обработке резанием титана и его сплавов подмечен целый ряд интересных особенностей: чрезвычайно малая усадка стружки, высокая температура резания, малая площадка контакта стружки с резцом, низкая теплопроводность, большое упрочнение срезаемого слоя, что в свою очередь вызывает повышенное удельное давление на гранях режущего инструмента; выделяющаяся при резании теплота концентрируется на меньшей площади, что приводит к нагреванию инструмента до высокой температуры.

Практика обработки титана и его сплавов показывает [1], что характер влияния смазочно-охлаждающих жидкостей на процесс резания совершенно иной, чем при резании углеродистых и легированных сталей.

Если при обработке сталей влияние среды, в которой осуществляется процесс резания, сказывается весьма сильно [2], то при обработке титановых сплавов многими исследователями подмечено слабое влияние среды на процесс резания титановых сплавов.

Так, М. Ф. Полетика исследовал влияние жидких сред (вода, бензол и 4-хлористый углерод) при свободном строгании титанового сплава ВТ-2 на микроскоростях. Им обнаружено почти полное отсутствие влияния смазки на процесс резания. Особенности, наблюдающиеся при резании титановых сплавов: малая усадка стружки, малые коэффициенты и удельные силы трения, слабая чувствительность процесса резания к действию сред. М. Ф. Полетика объясняет высокой активностью титана по отношению к кислороду и азоту воздуха. Чтобы получить более убедительные доказательства этого предположения, он полностью изолировал зону контакта от воздуха, для этого резец и обрабатываемая пластина погружались в ванну с жидкостью. Но и в таких условиях жидкая среда не повлияла на трение стружки о резец при резании титанового сплава.

В. Ф. Бобров провел опыты по исследованию влияния смазочно-охлаждающих жидкостей на процесс резания технически чистого титана ВТ-1. Было испытано 12 смазочно-охлаждающих жидкостей (вода, олеиновая кислота, веретенное масло, активированный керосин, графитированное масло, 10%-ная эмульсия «Эмульсола», сульфифрезол «В», 15%-ная лимонная кислота, 4-хлористый углерод, 5%-ный раствор нитрита натрия в воде, смесь: 60% сульфифрезола + 25% керосина + 15% олеиновой кислоты, смесь: 80% сульфифрезола + 20% 4-хлористого угле-

рода). По результатам исследований автором сделаны выводы о малой эффективности воздействия поверхностноактивных сред на процесс резания титановых сплавов по сравнению с резанием на воздухе.

Исследования влияния смазывающе-охлаждающих жидкостей на трение при обработке титановых сплавов при высоких скоростях резания также показали слабое смазывающее действие жидких сред [3, 4, 5].

В связи с вышеизложенным представляло интерес выяснить влияние среды смазывающей, нейтральной, окислительной и восстановительной на процесс резания титановых сплавов при комнатной температуре (резание на микроскоростях) и температуре порядка  $800^{\circ}\text{C}$  (резание на высоких скоростях).

Такой выбор сред продиктован стремлением выяснить картину контактных явлений на передней грани инструмента при обработке титановых сплавов в связи с их повышенной чувствительностью к действию кислорода и азота воздуха.

Опыты на микроскоростях проводились при свободном строгании технически чистого титана ВТ-1 широким резцом из быстрорежущей стали Р18 со следующей геометрией: передний угол  $\gamma = 20^{\circ}$ , задний угол  $\alpha = 10^{\circ}$ , угол наклона режущей кромки  $\lambda = 0^{\circ}$ .

Обработке со скоростью  $V = 0,098$  м/мин подвергались образцы прямоугольного сечения толщиной  $b = 3$  мм. Толщина срезаемого слоя  $a$  изменялась в пределах от  $0,05 \div 0,35$  мм. Составляющие силы резания  $P_z$  и  $P_y$  измерялись двухкомпонентным индуктивным динамометром конструкции Д. В. Кожевникова. Запись сил производилась с помощью осциллографа МПО-2. В качестве смазывающих жидкостей были взяты вода, мыльный раствор, керосин активированный и 4-х хлористый углерод; как окисляющей средой мы пользовались 30%-ной перекисью водорода, за нейтральную среду был взят ацетон, а восстановитель — раствор пирогаллола. Все опыты в средах, для полной изоляции зоны контакта инструмента, были проведены в ванне, когда зона резания полностью погружалась в жидкость. Для сравнения были проведены опыты на воздухе.

На рис. 1 приведены результаты опытов. Из графиков видно, что главная составляющая  $P_z$  силы резания имеет незначительные отклонения в зависимости от применения той или иной среды и только наиболее эффективной смазывающей способностью отличается 4-х хлористый углерод. Подобная картина наблюдается и у вертикальной составляющей силы резания  $P_y$ . Такое поведение титана не аномально, и с подобным явлением, как уже говорилось ранее, столкнулись и другие исследователи [6, 7].

Слабая чувствительность процесса резания к действию сред объясняется высокой активностью титана по отношению к кислороду и азоту воздуха. Эти газы проникают в зону контакта стружки с резцом и вступают в реакцию с ювенильной поверхностью стружки, образуя окисные и нитридные пленки, которые препятствуют непосредственному контакту обрабатываемого материала.

Плохая чувствительность титана к действию сред при изолированном контакте от воздуха объясняется, по-видимому, тем, что жидкости не полностью смачивают металлическую поверхность, и вблизи зоны контакта остаются отдельные участки, покрытые воздухом. Возможно также, что ювенильная поверхность стружки поглощает атомы кислорода и азота, адсорбированные, но не связанные химически, со свободной поверхности образца, т. е. при возникновении новой поверхности начинается некоторое перераспределение ранее присоединенных атомов газов.

При высоких скоростях резания образование стружки и ее прохождение по передней грани инструмента совершается менее чем за

$10^{-4}$  сек. Быстроте скольжения стружки по передней грани сопутствует высокая температура в зоне контакта и высокие удельные давления, причем для титановых сплавов это присуще в большей степени, чем для других металлов и сплавов.

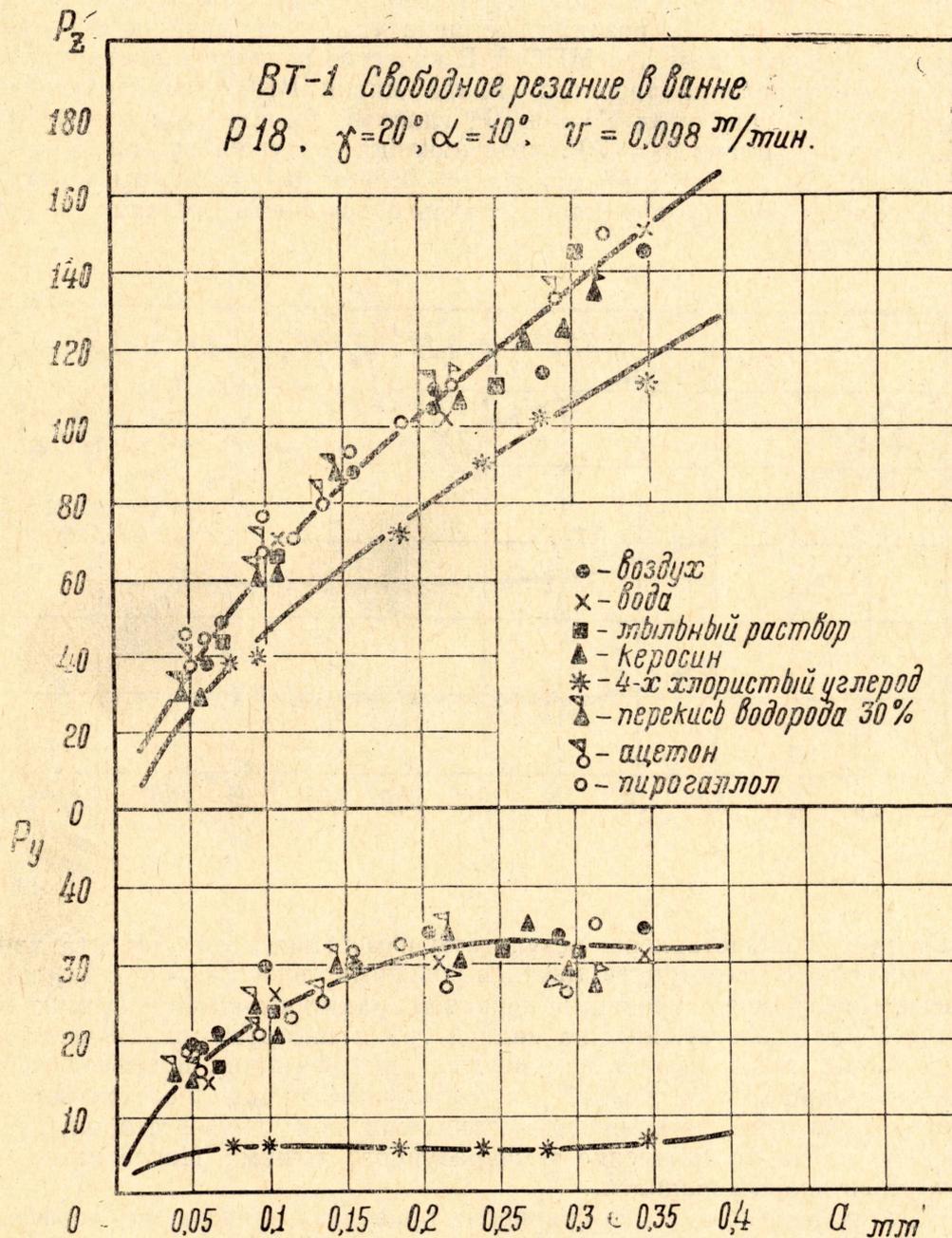


Рис. 1

Для исследования влияния среды на процесс резания титановых сплавов при высоких скоростях в качестве смазывающей среды был взят 4-хлористый углерод (показавший себя более эффективной смазкой при резании титановых сплавов на малых скоростях). Окислителем был выбран чистый кислород. Нейтральная среда создавалась аргоном и углекислым газом. Опыты проводились со сплавом BT-1. Заготовка помещалась в специальную камеру, куда наливался 4-хлористый углерод или

вдувался под давлением 5 *ата* газ через сопло, направленное вдоль передней поверхности инструмента. Конструкция камеры обеспечивала изоляцию зоны резания от атмосферы и позволяла в процессе резания измерять составляющие силы резания  $P_z$ ;  $P_x$ ;  $P_y$ , которые измерялись с помощью индуктивного динамометра конструкции В. Б. Лившиц. Запись составляющих сил резания, температуры и времени опыта производилась на осциллографе МПО-2. В качестве режущего инструмента применялась пластинка твердого сплава марки ВК6М со следующей геометрией: передний угол  $\gamma = +10^\circ$ , главный задний угол  $\alpha = +10^\circ$ , главный угол в плане  $\varphi_0 = 70^\circ$ , угол наклона режущей кромки  $\lambda = 0^\circ$ , глубина резания  $t = 2,5$  мм и подача  $s = 0,26$  мм/об оставались во всех опытах постоянными, изменялась только скорость резания  $v$  от  $10 \div 220$  м/мин.

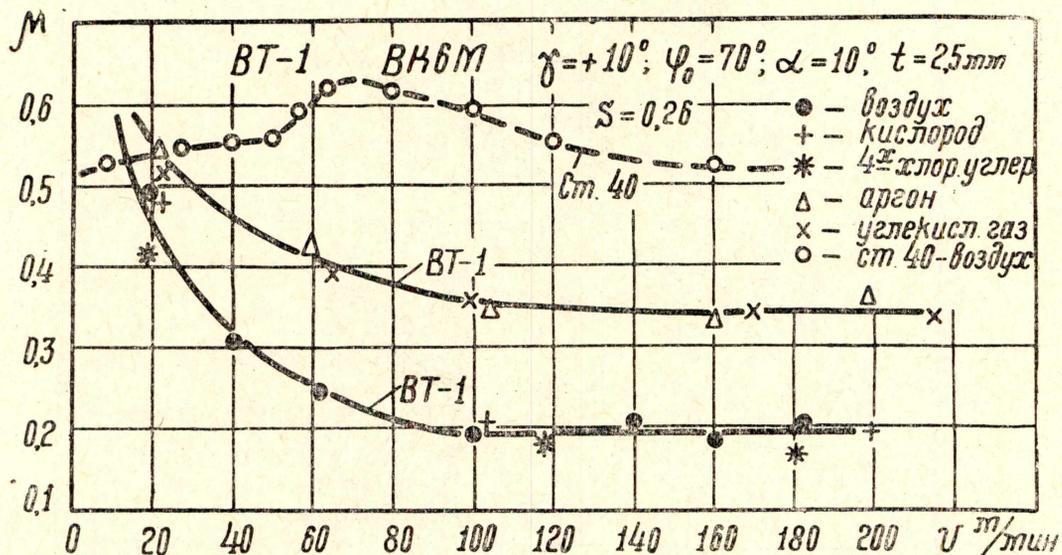


Рис. 2

На рис. 2 представлены результаты изменения коэффициента трения на передней грани инструмента в зависимости от скорости резания и среды. Коэффициент трения на передней грани инструмента подсчитан без учета сил, действующих на задней грани инструмента. Выделение сил на задней грани из сил, замеренных динамометром, производилось по методике проф. А. М. Розенберга [8]. Опыты проводились кратковременные, чтобы износ не влиял на картину сил, но, с другой стороны, давалось время на установление температурного режима. После каждого опыта резец вновь доводился.

На этом же рисунке для сравнения приведена зависимость коэффициента трения от скорости при резании стали 40 на воздухе при всех прочих равных условиях.

Из приведенных графиков видно, что коэффициент трения на передней грани инструмента при резании титана в обычных условиях на высоких скоростях в 2,5 раза меньше, чем при резании стали при тех же условиях. Влияние среды на процесс резания титановых сплавов сказывается своеобразно. С ростом скорости резания растет температура в зоне резания, а с ростом температуры увеличивается активность титана к окружающей среде.

Так, опыты в среде кислорода и воздуха показали снижение коэффициента трения с ростом скорости резания, смазывающая среда

(4-хлористый углерод) не дала сколько-нибудь заметного уменьшения коэффициента трения по сравнению с воздушной средой. Резание в нейтральной среде аргона и углекислого газа, как и следовало ожидать, привело к ухудшению условия трения на передней грани инструмента, это лишний раз доказывает, что окисные и нитридные пленки выполняют роль наиболее эффективной смазки при обработке резанием титановых сплавов в атмосфере воздуха. Подобные результаты получены и при классических испытаниях на трение титана и его сплавов. И. С. Каптюг и В. С. Сыщиков [9] отмечают, что коэффициенты трения титана по титану и по другим металлам ниже, чем у других металлических пар.

Рабинович [10] исследовал трение титана и его сплавов со смазкой и обнаружил, что жидкая смазка совсем не влияет на коэффициент трения. Он видит причины такого поведения титановых сплавов в постоянном наличии на поверхности титана прочной окисной пленки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. Ф. Романов. Теория и практика механической обработки титановых сплавов. Сб. Итоги науки, вып. 2. Изд. АН СССР. 1959.
2. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз. 1956.
3. Н. И. Резников. Производительная обработка нержавеющей и жаропрочных материалов. Машгиз. 1960.
4. В. А. Кривоухов. Обрабатываемость резанием жаропрочных и титановых сплавов. Машгиз. 1961.
5. Обрабатываемость жаропрочных и титановых сплавов. Тр. Всесоюзной межвузовской конференции. Куйбышев. 1962.
6. М. Ф. Полетика. Трение при резании титанового сплава на микроскоростях. Изв. вузов СССР. Машиностроение, № 9. 1960.
7. В. Ф. Бобров. О роли смазочно-охлаждающих жидкостей при резании титана. Вестник машиностроения, № 5. 1961.
8. А. М. Розенберг, А. Н. Еремин. Элементы теории процесса резания металлов. Машгиз. 1956.
9. И. С. Каптюг, В. И. Сыщиков. Некоторые результаты испытания титана и его сплавов на трение и износ. Судостроение, № 8. 1958.
10. Rabinowicz E. Frictional properties of titanium and its alloys Metal Progress, т. 65 (1954), № 2.