

Машиностроение

УДК 621.9.025.7

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT8

А.Н. Белов

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Приведены результаты сравнительных исследований процесса стружкообразования в процессе точения титанового сплава VT8 твердосплавными инструментами с покрытием из карбида ниобия и без покрытия. Натурными экспериментами установлено, что покрытие оказывает значительное влияние на шаг элементов стружки, толщину контактного слоя, угол сдвига, относительный сдвиг и длину контакта стружки с передней поверхностью режущего инструмента. Результаты исследований показывают, что при резании инструментом с покрытием уменьшается степень адгезионного и диффузионного взаимодействия на длине контакта инструмента со стружкой.

Ключевые слова: титановый сплав, стружкообразование, корень стружки, покрытие из карбида ниобия, длина контакта, режимы резания.

Как отмечалось в публикации автора [1], характерной особенностью стружкообразования при продольном резании титановых сплавов является преобладание деформации сдвига в зоне резания, обусловленное своеобразием кристаллической структуры титановых сплавов. Срезаемые элементы имеют вид, приближающийся к форме прямоугольных треугольников, прочно связанных между собой сильно деформированным контактным слоем, что вполне соответствует классической схеме образования элементной стружки (рис. 1).

Из приведенных на рис. 2 микрофотографий корней стружек видно, что отдельные элементы являются следствием последовательных сдвигов. Как видим, с увеличением скорости резания характер стружкообразования изменяется относительно мало.

Величина a_2 , характеризующая толщину контактного слоя, уменьшается незначительно, а элементность стружки несколько увеличивается. С увеличением скорости резания процесс стабилизируется. Если при скорости резания $V = 35$ м/мин толщина стружки a_1 заметно меняется, то при $V = 120$ м/мин толщина стружки почти постоянна, так же как и шаг элементов t .

Из литературных данных [2], [3] известно, что с увеличением скорости резания при обработке титановых сплавов элементность стружки сильно возрастает. Причиной такого явления считается повышенная чувствительность титановых

Анатолий Николаевич Белов (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Транспортные процессы и технологические комплексы».

сплавов к скорости деформирования, а также явление охрупчивания стружки в результате интенсивного поглощения ею кислорода и азота воздуха.

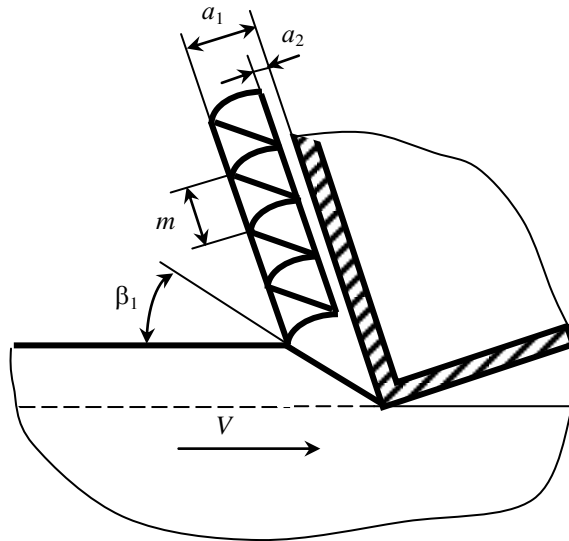


Рис. 1. Схема образования элементной стружки:
 a_1 – толщина стружки; a_2 – толщина контактного слоя; m – шаг элементов;
 β_1 – угол сдвига



a



б

Рис. 2. Корни стружки титанового сплава ВТ8:
a – $S = 016$ мм/об, $t = 2$ мм, $V = 35$ м/мин, режущий инструмент – ВК8; Х32;
б – $S = 016$ мм/об, $t = 2$ мм, $V = 120$ м/мин, режущий инструмент – ВК8; Х32

Незначительное изменение элементности стружки ВТ8 с ростом скорости резания, полученное в наших опытах, может найти свое объяснение с позиций влияния температуры на пластические и упругие свойства этого сплава.

До температур 500–600 °С темп уменьшения модуля упругости опережает рост пластичности: пластичность сплава δ/σ_b до 600 °С увеличивается на 25 %, в то время как модуль упругости падает на 35 %. При дальнейшем увеличении температуры пластичность сплава ВТ8 увеличивается значительно быстрее, чем уменьшается модуль упругости. Так, при 800 °С увеличение пластичности достигает 400 %, а модуль упругости уменьшается всего на 57 % [4].

Следовательно, если только учитывать воздействие температуры, то до 500–600 °С склонность к элементности стружки должна увеличиваться, так как сдвиговые деформации происходят легче при более низком модуле упругости. При дальнейшем увеличении температуры элементность стружки должна уменьшаться.

При резании мы имеем дело с совместным воздействием температуры и скорости, так называемым температурно-скоростным фактором. По-видимому, в зоне резания титановых сплавов конкурируют несколько процессов: увеличение пластичности с ростом температуры, повышенная чувствительность к скорости деформирования и возможное явление охрупчивания поверхностного слоя из-за сильного поглощения газов.

Результаты измерений параметров a_2 и m на корнях стружек в зависимости от скорости резания представлены на рис. 3. Как следует из приведенных графиков, шаг элементов m больше при резании инструментом с покрытием, а толщина контактного слоя в то же время меньше.

Уменьшение толщины контактного слоя стружки a_2 в случае резания инструментом с покрытием свидетельствует о меньшей степени деформации в процессе трения сходящей стружки по передней поверхности резца. Эти данные хорошо коррелируют с результатами по усадке стружки.

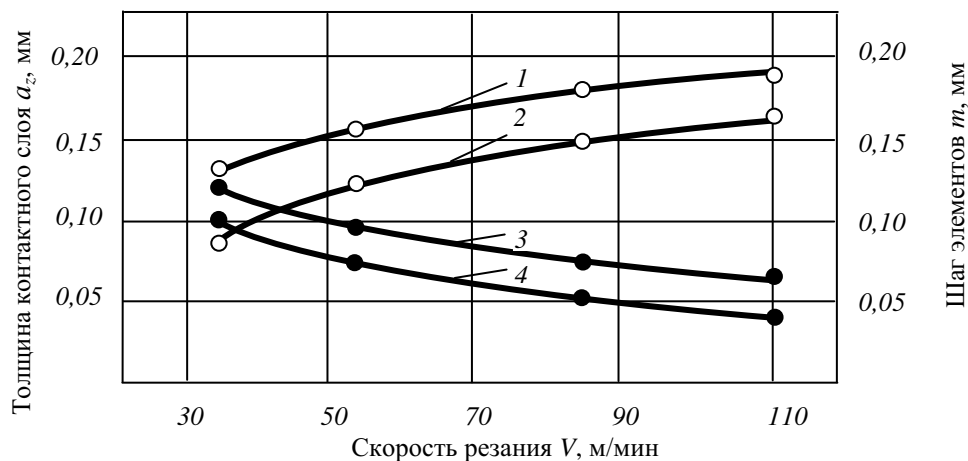


Рис. 3. Влияние скорости на шаг элементов m и толщину контактного слоя a_2 ($S = 0,16$ мм/об; $t = 1$ мм):
1, 2 – m ; 3, 4 – a_2 ; 1, 4 – ВК8 + NbC; 2, 3 – ВК8

Зависимости a_2 и m от подачи, представленные на рис. 4, хорошо иллюстрируются микрофотографиями корней стружки, приведенными на рис. 5.

При небольшой величине подачи, равной 0,08 мм/об, элементы слабо обозначены. Увеличение подачи до 0,24 мм/об приводит к значительному росту шага элементов и толщины контактного слоя стружки.

Одной из причин увеличения шага элементов m и уменьшения параметра a_2 для инструментов с покрытием может являться уменьшение среднего коэффициента трения на передней поверхности инструмента и связанное с этим фактом изменение направления действия равнодействующей внешних сил.

Результаты влияния скорости резания и подачи на угол сдвига β_1 и величину относительного сдвига ϵ , для элементной стружки представлены на рис. 6 и 7.

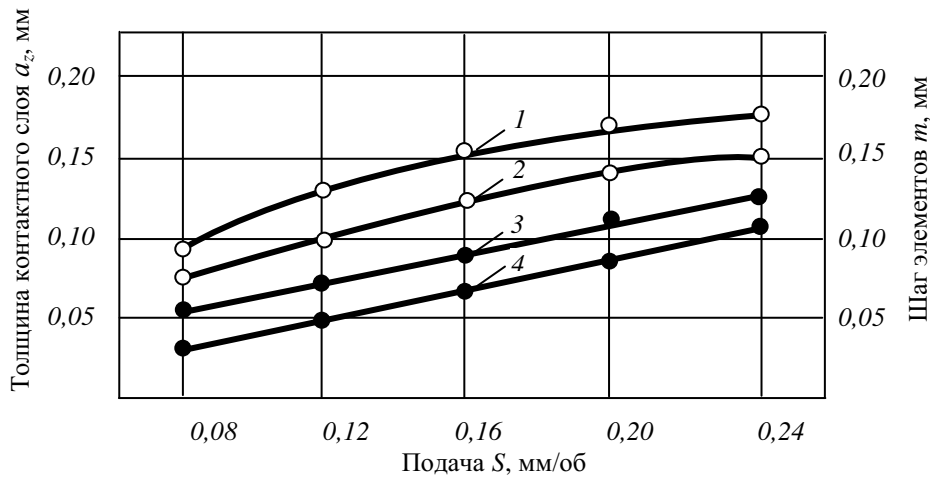
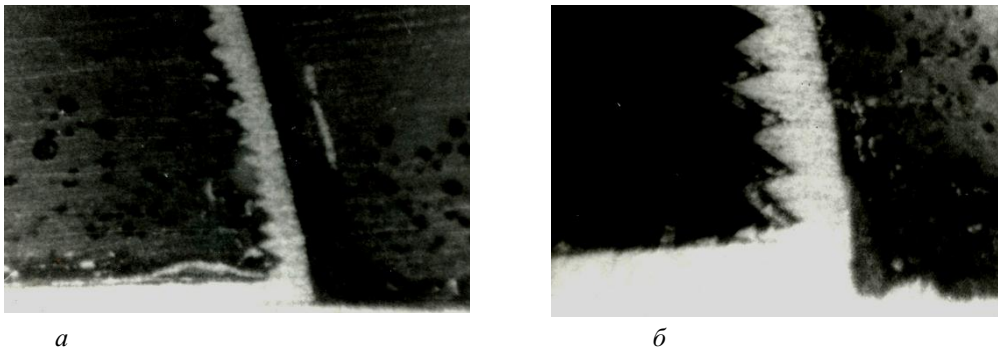


Рис. 4. Влияние подачи на шаг элементов m и толщину a_2 контактного слоя ($V = 55$ м/мин; $t = 1$ мм): 1, 2 – m ; 3, 4 – a_2 ; 1, 4 – ВК8 + NbC; 2, 3 – ВК8



а

б

Рис. 5. Корни стружки титанового сплава ВТ8:

а – $S = 0,08$ мм/об, $t = 2$ мм, $V = 55$ м/мин, режущий инструмент – ВК8 + NbC; X32;

б – $S = 0,24$ мм/об, $t = 2$ мм, $V = 55$ м/мин, режущий инструмент – ВК8 + NbC; X32

Из этих графиков очевидно, что с увеличением скорости резания и подачи величина угла сдвига β_1 увеличивается, а относительный сдвиг ε_s уменьшается. Изменение β_1 и ε_s находится в полном соответствии с изменением величины усадки стружки. Величина угла сдвига β_1 для инструмента с покрытием больше, а относительный сдвиг меньше, чем для стандартного твердого сплава ВК8.

Увеличение угла сдвига и уменьшение относительного сдвига свидетельствует о том, что процесс резания инструментом с покрытием из карбида ниобия происходит с меньшей степенью пластической деформации.

Исследовалась также зависимость длины контакта стружки с передней поверхностью инструмента. Длина контакта стружки реагирует на изменение почти любого внешнего действующего фактора: скорости резания, ширины и толщины среза, свойств инструментального и обрабатываемого материалов и т. д.

На рис. 8 и 9 представлены результаты измерения длины контакта l_n стружки с передней поверхностью реза. Согласно полученным зависимостям наиболь-

шее влияние на длину контакта оказывает подача. С увеличением подачи длина контакта увеличивается.

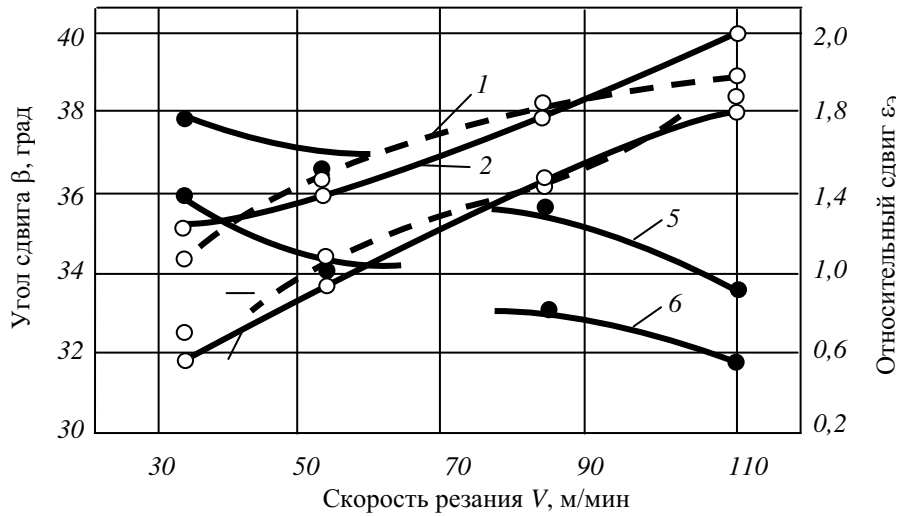


Рис. 6. Влияние скорости резания на относительный сдвиг и угол сдвига ($S = 0,16$ мм/об; $t = 1$ мм): 1, 2, 3, 4 – β_1 ; 5, 6 – ε_3 ; 1, 2, 6 – BK8 + NbC; 3, 4, 5 – BK8; 1, 3 – эксперимент

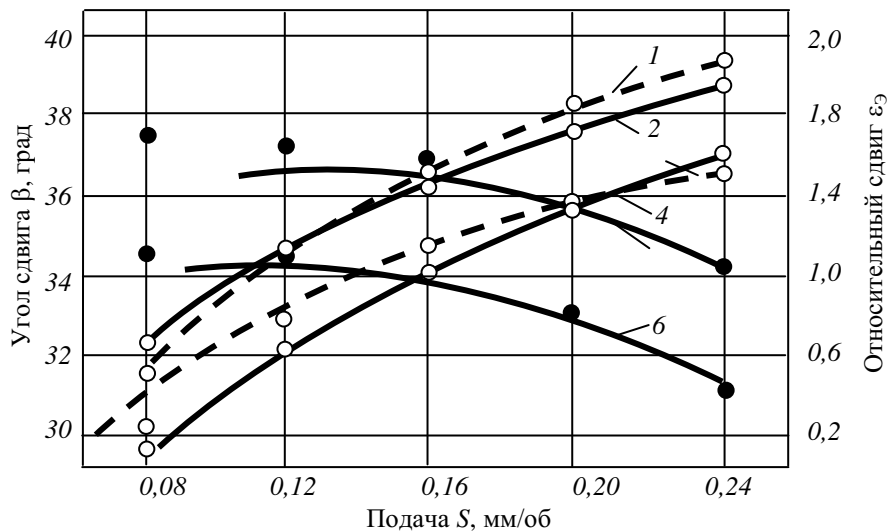


Рис. 7. Влияние подачи на относительный сдвиг и угол сдвига
1, 2, 3, 4 – β_1 ; 5, 6 – ε_3 ; 1, 2, 6 – BK8 + NbC; 3, 4, 5 – BK8; 1, 3 – эксперимент

Полученные данные хорошо коррелируют с данными работы [5], где установлено, что только толщина среза непосредственно влияет на длину контакта, а остальные факторы воздействуют на нее преимущественно через изменение усадки стружки. Длина контакта для инструмента с покрытием меньше, чем для инструмента без покрытия, причем с увеличением подачи разница в величинах длин контакта уменьшается.

С увеличением скорости резания длина контакта уменьшается. Характер изменения кривых одинаков для режущих пластин BK8 и без покрытия, и с покры-

тием. Длина контакта наиболее интенсивно уменьшается в диапазоне скоростей 35–60 м/мин, затем кривые выполаживаются. Отметим, что и в этом случае длина контакта для инструмента с покрытием меньше.

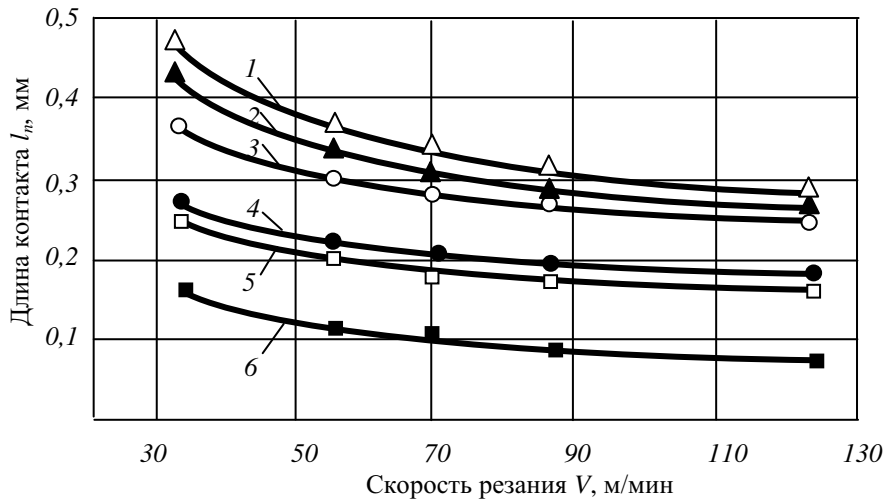


Рис. 8. Влияние скорости резания на длину контакта:
 1, 2 – $S = 0,24$ мм/об; 3, 4 – $S = 0,16$ мм/об; 5, 6 – $S = 0,08$ мм/об; $t = 1$ мм;
 1, 3, 5 – BK8; 2, 4, 6 – BK8 + NbC

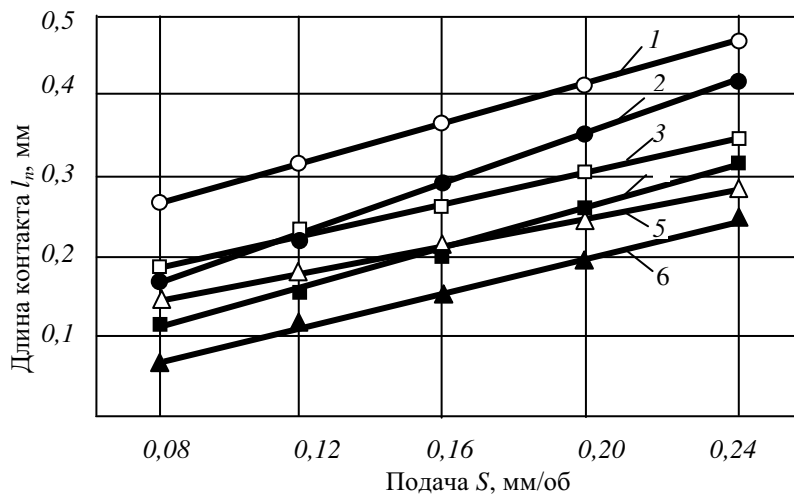


Рис. 9. Влияние подачи на длину контакта:
 1, 2 – $V = 35$ м/мин; 3, 4 – $V = 70$ м/мин; 5, 6 – $V = 120$ м/мин; $t = 1$ мм;
 1, 3, 5 – BK8; 2, 4, 6 – BK8 + NbC

Как установлено [6], инструментальный материал оказывает воздействие на длину контакта стружки через теплофизические и адгезионно-поверхностные свойства. При этом с увеличением теплопроводности материала инструмента длина контакта и усадка стружки увеличиваются, уменьшается среднее контактное давление, что приводит к увеличению коэффициента трения. С увеличением способности обрабатываемого и инструментального материалов образовывать твердые растворы и интерметаллические соединения, иначе говоря, с увеличени-

ем адгезионного и диффузионного взаимодействия на длине контакта, усадка стружки и длина контакта увеличиваются.

Твердый сплав ВК8 без покрытия имеет большую теплопроводность и, как можно предполагать, большую адгезионную активность к титановому сплаву ВТ8, чем тот же твердый сплав, но с покрытием из карбида ниобия, и, как следует из представленных экспериментальных результатов, большую длину контакта и усадку стружки. Уменьшение адгезионного и диффузионного взаимодействия на длине контакта передней поверхности инструмента со стружкой в случае резания инструментом из карбида ниобия должно уменьшить и средний коэффициент трения, и, как следствие, износ инструмента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов А.Н. Исследование процесса стружкообразования при точении титанового сплава ВТ8 // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2013. – № 3(39). – С. 120–123.
2. Кривоухов В.А., Чубаров А.Д. Обработка резанием титановых сплавов. – М.: Машиностроение, 1970. – 120 с.
3. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. – М.: Высшая школа, 1974. – 590 с.
4. Солонина О.П., Глазунов С.Г. Жаропрочные титановые сплавы. – М.: Металлургия, 1976. – 448 с.
5. Режущие твердосплавные пластины с двухслойным износостойким покрытием // Экспресс-информация. Сер. Режущие инструменты. – М.: ВИНТИ, 1975. – № 19. – С. 31-36.
6. Развитие науки о резании металлов / под ред. Зорева Н. Н. – М.: Машиностроение, 1967. – 414 с.

Статья поступила в редакцию 15 января 2015 г.

THE COMPERATIVE ANALYLISIS OF SHAVING FORMING PROCESS DURING BT8 TITANIUM ALLOY SHAPING

A.N. Belov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia

The results of the comparative investigations into cuttings forming during BT8 titanium alloy shaping by tools made of hard-facing alloys, niobium-carbide coated or not, are presented. It was established by the location experiments that the coating affects considerably the pace of cuttings, the thickness of a contact layer, the angle of a shift, the relative shift and the contact length with the front surface of a cutting tool. The investigations results show that the degree of adhesive and diffusive contact length interaction of a tool with cuttings is decreased.

Keywords: titanium alloy, shaping, shaping's root, covering of niobium carbide, contact's length, cutting modes.

Anatoly N. Belov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.