

**ЖИЛЯЕВ**

Сергей Васильевич
кандидат технических наук, доцент кафедры «Производство машин и механизмов» (Ижевский государственный технический университет)

**КУГУЛЬТИНОВ**

Даниил Сергеевич
аспирант кафедры «Производство машин и механизмов» (Ижевский государственный технический университет)

Влияние режимов резания на усадку стружки при точении титанового сплава ВТ6

С.В. Жильяев, Д.С. Кугультинов

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния режимов резания на определение величины усадки стружки при точении титанового сплава ВТ6.

Ключевые слова: коэффициент усадки стружки, режимы резания, титановые сплавы, экспериментальные исследования.

The article presents results of the experimental research of influence of cutting modes on the definition of the chips shrinkage magnitude in the process of turning WT6 titanium alloy (tungsten-titanium).

Keywords: chip reduction coefficient, cutting mode, titanium alloys, experimental research.

Титановые сплавы находят все более широкое применение в конструкциях самых разнообразных изделий благодаря благоприятному сочетанию механических, физических и химических свойств, основными из которых являются высокая прочность, небольшой удельный вес и коррозионная стойкость. В этом отношении титановые сплавы сопоставимы с высокопрочными и теплостойкими сталями, а также жаропрочными сплавами на никелевой основе, обрабатываемость резанием которых невысока. Но обрабатываемость резанием титановых сплавов еще ниже из-за их малой пластичности, высокой химической активности, низкой теплопроводности, а также абразивного воздействия на режущий инструмент.

Процесс резания титановых сплавов характеризуется высокими температурами в зоне обработки, благодаря их высокой прочности и низкой теплопроводности. При этом температура резания локализуется в зоне стружкообразования, вызывая тем самым структурные превращения и интенсивное взаимодействие с кислородом, азотом, углеродом и водородом из внешней среды. В результате такого взаимодействия образуются твердые растворы внедрения не только на поверхности, но и в кристаллической решетке, что резко снижает пластичность титановых сплавов и повышает их твердость. Образующиеся в процессе резания твердые растворы внедрения, содержат включения в виде окислов, нитридов и карбидов, вызывая повышенный абразивный износ режущего инструмента [1].

Это характерно и для сплава ВТ6, получаемого путем легирования титана алюминием (5,5—7,0 %) и ванадием (4,2—6,0 %), относящегося к ($\alpha + \beta$)-сплавам. Данные сплавы более прочны, чем однофазные, хо-

рошо куются и штампуются, поддаются термической обработке, но их обрабатываемость резанием не очень высока.

Обработка резанием — процесс формообразования деталей в результате срезания определенного слоя материала, равного по толщине разнице между соответствующими размерами заготовки и детали. Это сложный физико-механический процесс, характеризующийся упруго-пластическим деформированием обрабатываемого материала. Свидетельством наличия пластических деформаций служит изменение размеров стружки в сравнении с параметрами срезаемого слоя. Это явление, характеризующее степень пластической деформации называется усадкой стружки. При этом изменение длины называется продольной усадкой стружки, изменение толщины — поперечной усадкой стружки, а изменение ширины — уширением стружки. На практике чаще всего пользуются поперечной усадкой стружки, определяемой соотношением толщины стружки к толщине срезаемого слоя. У большинства материалов коэффициент усадки стружки намного больше единицы, однако, для титановых сплавов он может быть и меньше, т. е. может происходить утонение стружки. Это может быть опасным, так как образование тонкой стружки (0,04—0,07 мм) зачастую приводит к ее воспламенению с интенсивным горением, что недопустимо с точки зрения обеспечения пожарной безопасности. Причем возгорание тонкой стружки может произойти, и после обработки в процессе ее хранения и переработки.

Учитывая вышесказанное, были проведены экспериментальные исследования влияния режимов резания на коэффициент поперечной усадки стружки [2]:

$$\xi_a = \frac{a_{\text{стр}}}{a_{\text{ср.сл}}},$$

где $a_{\text{стр}}$ — толщина стружки, мм; $a_{\text{ср.сл}}$ — толщина срезаемого слоя, мм.

Выбор коэффициента поперечной усадки стружки обусловлен тем, что в процессе точения титанового сплава ВТ6 образуется сливная стружка различной кривизны и для определения ее толщины можно использовать широкий

спектр универсального мерительного инструмента — от инструментальных микроскопов до толщиномеров. В процессе экспериментальных исследований для измерения толщины стружки использовались большой инструментальный микроскоп БИМ с точностью измерения 0,005 мм и микрометр с точностью измерения 0,01 мм. После каждого эксперимента, характеризующего определенным сочетанием режимов резания, случайным образом отбиралось по одиннадцать образцов стружки, а число экспериментов было равно 27 (три эксперимента с тремя повторениями для глубины резания, для подачи и скорости резания). По результатам измерений определялась средняя величина толщины стружки, как среднеарифметическое от всех измерений, полученных при данных режимах обработки. Аппроксимационные зависимости получали методом наименьших квадратов с использованием программы статистического анализа Statistica.

Исследования проводились на токарно-винторезном станке 1И611П с использованием проходного резца с главным углом в плане 45° фирмы «Sandvik Coromant» PSSNP 2020K12, оснащенного твердосплавными сменными пластинами SNMM 12 04 08E—NR2 HF10 (производитель — «Чешские твердые сплавы»). В качестве заготовки использовался горячекатаный пруток диаметром 60 мм из сплава ВТ6 ($\sigma_B = 960$ МПа, $\delta = 19,6\%$). В результате были получены зависимости коэффициента поперечной усадки стружки от режимов резания, представленные на рис. 1, рис. 2 и рис. 3.

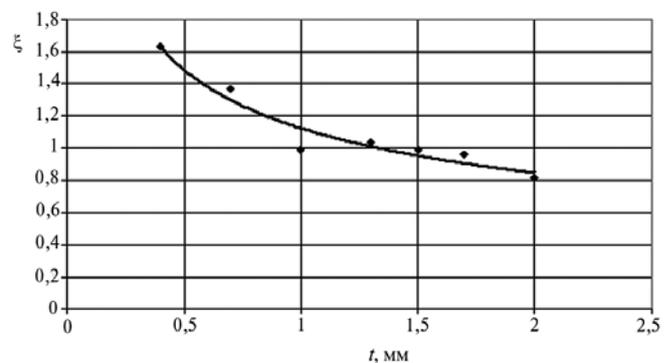


Рис. 1. Зависимость коэффициента поперечной усадки стружки от глубины резания ($S_0 = 0,15$ мм/об; $V = 18,84$ м/мин)

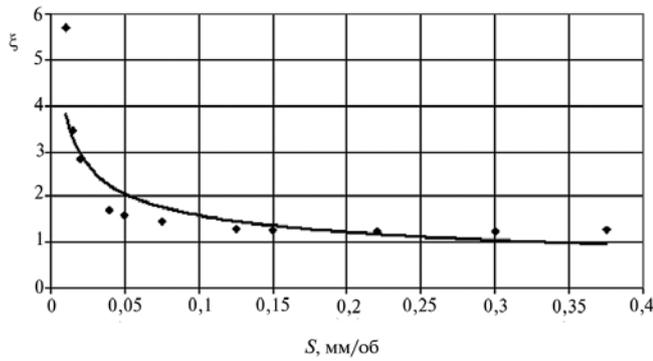


Рис. 2. Зависимость коэффициента поперечной усадки стружки от подачи (\$t = 1,5\$ мм; \$V = 18,84\$ м/мин)

Анализ зависимости, представленной на рис. 1, показывает, что с увеличением глубины резания (\$t\$) коэффициент поперечной усадки стружки уменьшается и при глубине резания более 1,3 мм усадка стружки становится меньше единицы, т. е. проходит уменьшение ее толщины. Следовательно, при увеличении глубины резания необходимо увеличивать толщину срезаемого слоя, которая зависит от подачи режущего инструмента (\$S_0\$) и главного угла в плане (режущего инструмента).

Анализ зависимости, представленной на рис. 2, показывает, что с увеличением подачи режущего инструмента величина усадки стружки уменьшается, причем до величины подачи \$S_0 = 0,05\$ мм/об (\$a_{ср.сл} = 0,035\$ мм) величина усадки стружки уменьшается почти в три раза, а затем незначительно (при уменьшении величины подачи в более чем в семь раз коэффициент усадки стружки уменьшился в два раза).

На рис. 3 видно, что с увеличением скорости резания (\$V\$) с 10 м/мин до 40 м/мин коэффициент усадки стружки плавно уменьшается с 2 до 1 и затем становится меньше 1. Отсюда следует, что при работе со скоростями резания, превышающими 40 м/мин, что характерно для процессов полустойковой и чистой обработки, необходимо выбирать подачу таким образом, чтобы толщина срезаемого слоя была больше того минимума, который может привести к возгоранию.

В ходе обработки результатов экспериментальных исследований были получены зависимости коэффициента поперечной усадки стружки от режимов обработки:

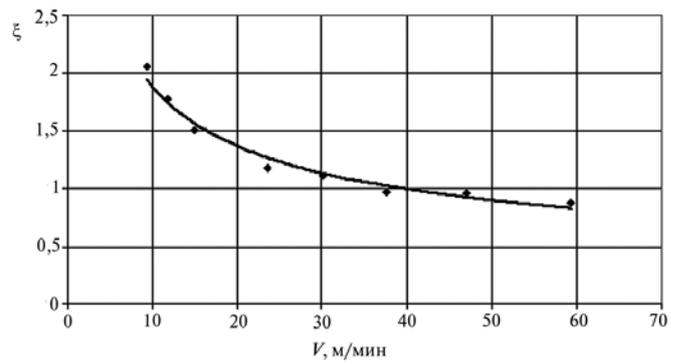


Рис. 3. Зависимость коэффициента поперечной усадки стружки от скорости резания (\$t = 1,5\$ мм; \$S_0 = 0,15\$ мм/об)

от глубины резания:

$$\xi = 1,1251t^{-0,4034};$$

от подачи:

$$\xi = 0,6448S_0^{-0,398};$$

от скорости резания:

$$\xi = 5,4449V^{-0,4607}.$$

Выводы

При малых подачах преобладают пластические деформации в зоне резания, в результате чего процесс резания протекает нестабильно и возможно возникновение вибраций, что снижает качество обработанной поверхности.

С малыми подачами на больших скоростях резания работать не рекомендуется в целях соблюдения пожарной безопасности.

В целом при обработке резанием титанового сплава ВТ6 не следует назначать подачи, которые могли бы привести к образованию стружки толщиной менее 0,06 мм.

При увеличении глубины резания необходимо увеличивать толщину срезаемого слоя, которая зависит от подачи и главного угла в плане \$\phi\$.

При увеличении скорости резания свыше 40 м/мин необходимо увеличивать толщину срезаемого слоя либо за счет увеличения подачи, либо за счет главного угла в плане \$\phi\$.

Литература

1. Кривоухов В.А., Чубаров А.Д. Обработка резанием титановых сплавов. М.: Машиностроение, 1970. 184 с.
2. Кугультинов С.Д., Ковальчук А.К., Портнов И.И. Технология обработки конструкционных материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 672 с.

Статья поступила в редакцию 29.11.2010 г.