

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

О.В. Жедь

Кафедра технологии машиностроения,
металлорежущих станков и инструментов
Российский университет дружбы народов
Ул. Миклухо-Маклая, 10а, Москва, Россия, 117198

Статья посвящена анализу характеристик пластической деформации (коэффициента усадки стружки, угла сдвига, относительного сдвига) и оценке степени их зависимости от условий резания.

Превращение срезаемого слоя в стружку при резании является одной из разновидностей процесса пластической деформации материала. Основным признаком пластической деформации является необратимое изменение формы тела под действием внешних сил без нарушения сплошности деформируемого тела.

Вместе с деформацией обработанной поверхности происходит деформация срезаемого слоя. Размеры стружки (рис. 1) отличаются от размеров срезаемого слоя, из которого стружка образовалась. При длине срезаемого слоя L , толщине a и ширине b длина стружки равна L_c , толщина — a_c , а ширина — b_c , причем $L_c < L$; $a_c > a$; $b_c \geq b$.

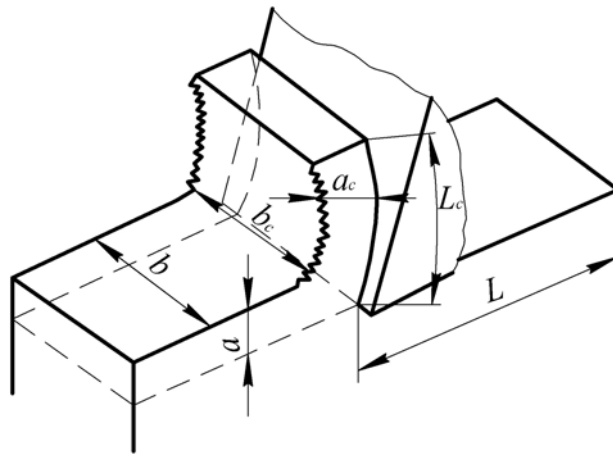


Рис. 1. Размеры срезаемого слоя и стружки

Степень изменения размеров стружки по сравнению со срезаемым слоем характеризуют тремя коэффициентами изменения формы [1]: K_L — коэффициентом усадки (или укорочения); K_a — коэффициентом утолщения; K_b — коэффициентом уширения: $K_L = \frac{L}{L_c}$; $K_a = \frac{a_c}{a}$; $K_b = \frac{b_c}{b}$.

Коэффициенты показывают, во сколько раз размеры стружки по длине, толщине и ширине меньше или больше соответствующих размеров срезаемого слоя. Так как объем стружки равен объему срезаемого слоя,

$$Lab = L_c a_c b_c \text{ и } K_L = K_a K_b.$$

На практике для оценки степени деформации срезаемого слоя наиболее часто используют коэффициент усадки стружки, поскольку экспериментальные методы его определения просты и доступны.

Целью работы являлось исследование зависимостей характеристик пластической деформации от элементов режима резания. Серия опытов была проведена на токарно-винторезном станке 16К20 при обработке стальной заготовки (Ст 35Х) диаметром 135 мм.

Коэффициент усадки стружки определялся весовым методом на электронных весах с точностью до 0,5 мг. Длина образца стружки измерялась с помощью сканера. Для расчета коэффициента усадки был использован табличный процессор MS Excel.



Рис. 2. Влияние элементов режима резания на коэффициент усадки стружки

Влияние подачи на коэффициент усадки стружки проявляется через изменение толщины срезаемого слоя. При увеличении подачи (толщины среза) коэффициент усадки стружки монотонно уменьшается (рис. 2). Это объясняется действием двух факторов: 1) неравномерного распределения напряжений по толщине срезаемого слоя, что вызывает неравномерную (затухающую) деформацию: чем ближе срезаемый слой к плоскости резания, тем полнее его деформация и больше коэффициент усадки; 2) коэффициент трения, который увеличивается с уменьшением толщины среза. Силы трения, дополнительно сжимающие стружку, оказывают наибольшее влияние на близлежащие к поверхности контакта слои, поэтому тонкая стружка в большей степени подвергается дополнительному сжатию, чем толстая.

Влияние скорости резания на коэффициент усадки стружки (рис. 2) обусловлено взаимодействием двух факторов: 1) изменением фактического переднего угла инструмента в условиях наростообразования; 2) изменением температуры в зоне резания, вызывающим изменение физико-механических свойств обрабатываемого материала.

Для материалов, не склонных к наростообразованию, по мере увеличения скорости резания коэффициент усадки стружки вначале быстро, а затем более

медленно уменьшается. Указанное влияние скорости резания объясняется уменьшением коэффициента трения между стружкой и передней поверхностью инструмента при увеличении температуры на передней поверхности вследствие возрастания скорости резания. При резании материалов, склонных к наростообразованию, скорость резания влияет не монотонно.

Размеры зоны деформации и усадка стружки зависят от степени пластичности обрабатываемого материала, элементов режима резания, геометрии рабочей части режущего инструмента. С изменением усадки стружки изменяются силы резания, мощность и деформация обработанной поверхности. Поэтому изучение усадки стружки важно для определения характера и интенсивности процесса обработки резанием.

Полученные экспериментальные данные подтверждают хорошо известные зависимости, однако если для оценки степени деформации срезаемого слоя пользоваться только коэффициентом усадки стружки, то при $K_L \leq 1$ можно прийти к выводу, что деформация при резании отсутствует, хотя срезаемый слой и превратился в стружку.

Использование статистических методов обработки экспериментальных данных исключило возможность грубой ошибки в определении коэффициента усадки стружки и привело к необходимости определения дополнительных характеристик пластической деформации.

Как показывают многочисленные исследования, уширение стружки невелико и составляет 5—15% от ширины срезаемого слоя, в то время как укорочение и утолщение стружки оцениваются в 250—600% и более. Поэтому уширением стружки пренебрегают и считают деформированное состояние плоским.

Тогда угол сдвига β_1 можно определить по формуле Тиме [1] с помощью коэффициента усадки стружки и переднего угла γ :

$$K_L = \frac{\cos(\beta_1 - \gamma)}{\sin \beta_1} \text{ и } \operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\cos \gamma}{K_L - \sin \gamma}.$$

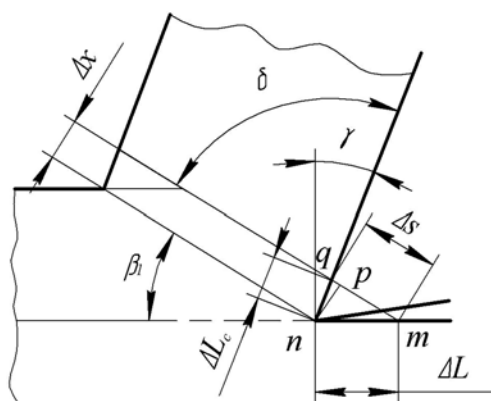


Рис. 3. Схема для определения относительного сдвига

Поскольку уширение отсутствует, то резание металлов — это процесс пластического деформирования, при котором происходят деформации простого

сдвига (рис. 3). Мерой деформации простого сдвига является относительный сдвиг, который можно определить по формулам [1]:

$$\varepsilon = \frac{\Delta s}{\Delta x} = \operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{tg}(\beta_1 - \gamma) \quad \text{или} \quad \varepsilon = \frac{K_L^2 - 2K_L \sin \gamma + 1}{K_L \cos \gamma}.$$

На основе экспериментальных данных по приведенным формулам были определены характеристики пластической деформации: коэффициент усадки стружки (рис. 2) и на его базе относительный сдвиг и угол сдвига при изменении подачи (рис. 4) и скорости резания (рис. 5).



Рис. 4. Влияние подачи на характеристики пластической деформации

($\gamma = -15^\circ$; $t = 2$ мм; $S = 0,2\text{—}0,6$ мм/об; $V = 170$ м/мин)

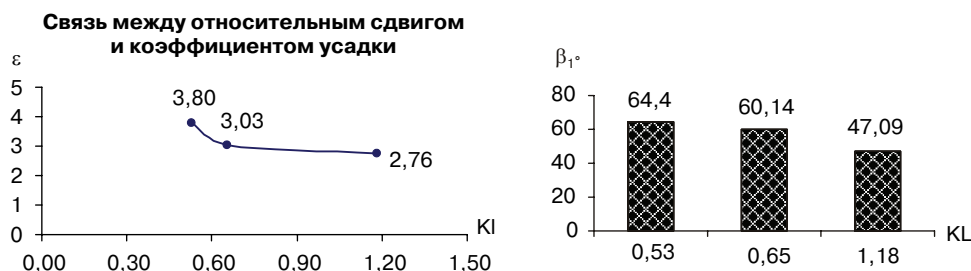


Рис. 5. Влияние скорости резания на характеристики пластической деформации

($\gamma = -15^\circ$; $t = 2$ мм; $S = 0,4$ мм/об; $V = 26\text{—}424$ м/мин)

Данные эксперимента, приведенные на рис. 4 и 5, показывают, что и в тех случаях, когда коэффициент усадки стружки меньше единицы, угол сдвига и относительный сдвиг отличны от нуля. Таким образом, коэффициент усадки стружки может являться лишь внешним показателем тех деформационных процессов, которые происходят в срезаемом слое: чем меньше усадка стружки, тем с меньшими пластическими деформациями протекает процесс резания, тем более благоприятные условия для стружкообразования и меньше удельный расход мощности на обработку.

Для более полной оценки степени пластической деформации необходимо определять и другие важные характеристики: угол сдвига и относительный сдвиг. Поскольку они определяются с помощью коэффициента усадки стружки, к достоверности последнего должны предъявляться повышенные требования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Бобров В.Ф.* Основы теории резания металлов. — М.: Машиностроение, 1975.

**THE INVESTIGATION OF THE PLASTIC
DEFORMATION CHARACTERISTICS**

O.V. Zhed

Department of Mechanical Engineering,
Machine Tools and Tooling
Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

The plastic deformation characteristics analysis and the degree of their cutting conditions are investigated in this article.