

## РАСЧЕТ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ СТРУЖКИ ПРИ ТОРЦОВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Г. Л. КУФАРЕВ, А. А. КОЗЛОВ, В. В. ОВЧАРЕНКО

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

Одной из важнейших задач теории резания металлов является изучение напряженно-деформированного состояния зоны стружкообразования.

Наиболее полно этот вопрос изучен при точении и строгании, т. е. при наиболее простых схемах стружкообразования.

При фрезеровании, когда толщина среза по мере перемещения зуба по дуге контакта непрерывно изменяется, достаточно убедительного метода определения степени деформации срезаемого слоя пока нет. Этот вывод вытекает из анализа весьма немногочисленных работ, посвященных данному вопросу.

Так, в работе Ю. П. Келоглу [1] приведены результаты определения усадки стружки при цилиндрическом фрезеровании трех марок стали. Представленный автором обширный экспериментальный материал вызывает сомнения, так как в целом ряде опытов им получена усадка стружки по толщине  $\zeta_a$  больше усадки по длине  $\zeta_l$ . Последнее невозможно, так как усадка по ширине  $\zeta_b$  всегда больше или равна единице и, исходя из общеизвестной связи усадок в различных направлениях,

$$\zeta_l = \zeta_a \cdot \zeta_b,$$

при  $\zeta_b \geq 1$   $\zeta_l$  не может быть меньше  $\zeta_a$ .

Применительно к цилиндрическому фрезерованию А. Н. Резниковым и Ю. П. Новоселовым предложен метод определения усадки [2], заключающийся в том, что, изменяя ступенчато глубину фрезерования и замеряя в каждом случае длину стружки, строится кривая в координатах: длина дуги контакта — длина стружки. При равных масштабах по осям координат котангенс угла наклона касательной к построенной кривой определяет мгновенное значение усадки стружки.

$$\zeta_l = \frac{dl}{dl_1} = \operatorname{ctg} \alpha.$$

В качестве примера на рис. 1 приведен один из таких графиков, полученный С. И. Тахманом [3] при цилиндрическом фрезеровании. К недостаткам этого метода можно отнести следующее: во-первых, изменение глубины резания в каждом опыте искажает характер процесса стружкообразования, во-вторых, имеет место непостоянство состояния режущей кромки инструмента при проведении серии опытов с

переменной глубиной, и, кроме того, при графическом дифференцировании нельзя точно учесть незначительное изменение усадки.

Определение усадки стружки по углу текстуры  $\delta$  [3] дает недостаточную точность в результате погрешностей при определении  $\delta$  и возможной неоднородности структуры обрабатываемого металла.

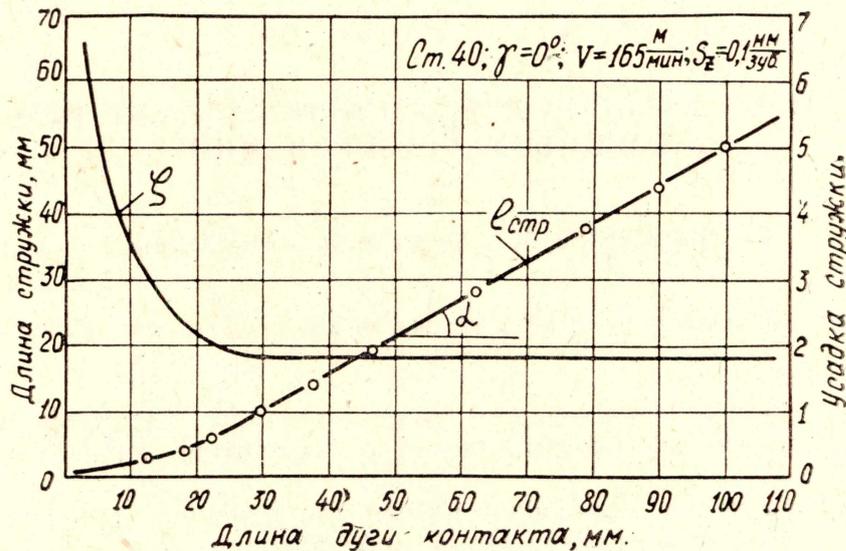


Рис. 1. Распределение усадки стружки по дуге контакта при цилиндрическом фрезеровании. (По Тахману С. И.)

Данное замечание подтверждается большим разбросом экспериментальных точек на рис. 2.

В лаборатории резания металлов ТПИ использовался также метод определения степени деформации по корням стружек [4]. При

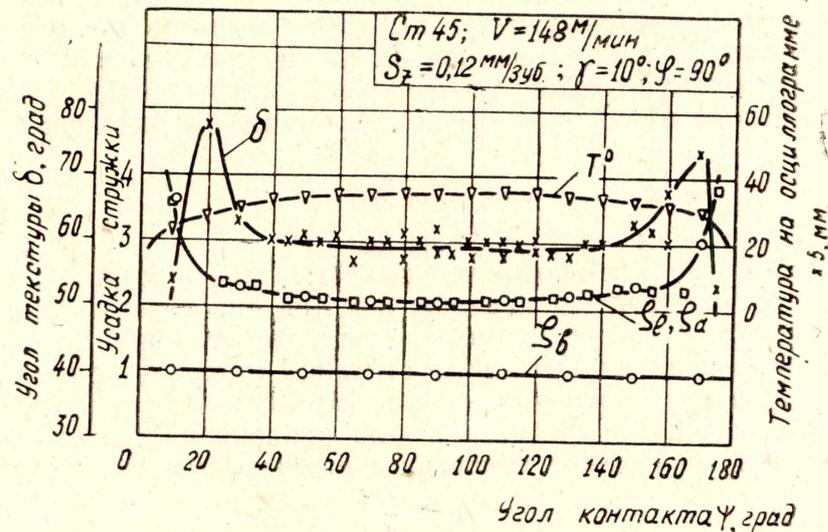


Рис. 2. Распределение усадки стружки, температуры резания и угла текстуры по дуге контакта при торцовом фрезеровании

этом усадка стружки рассчитывалась по замеренному на корне переднему углу и углу наклона плоскости максимальных касательных напряжений. Трудоемкость получения результатов и наличие недостатков, свойственных методу [2], делают данный метод малоприменимым.

Проведенный анализ позволил нам предложить новый метод определения усадки стружки при фрезеровании. Сущность его заключается в следующем: перед опытами на заготовке наносились риски через  $10^\circ$  по длине дуги контакта инструмента с заготовкой. На стружке по оставленному следу от рисков замерялась длина каждого участка и определялась, соответственно, усадка стружки по формуле:

$$\zeta_l = \frac{l_i}{l_{i1}},$$

где

$l_i$  — длина дуги, соответствующая  $10^\circ$  угла контакта зуба фрезы с заготовкой,

$l_{i1}$  — длина стружки между рисками на том же участке контакта. Достоинством предлагаемого метода является возможность расчета усадки по всей длине контакта за один рез.

Используя данный метод, определяли степень деформации стружки при торцовом фрезеровании однозубой фрезой стали 45. Режимы резания и геометрия инструмента были следующие:  $V=50-200$  м/мин,  $S_z=0,03-0,2$  мм/зуб.,  $\gamma=10^\circ$ ,  $\varphi=90^\circ$ ,  $\lambda=0^\circ$ ,  $\alpha=10^\circ$ ,  $\varphi_1=5^\circ$ . Результаты этих опытов приведены на рис. 2 и на рис. 3. Из рис. 2 следует, что при очень малых толщинах среза усадка стружки по длине и толщине достигает больших значений. По мере увеличения толщины

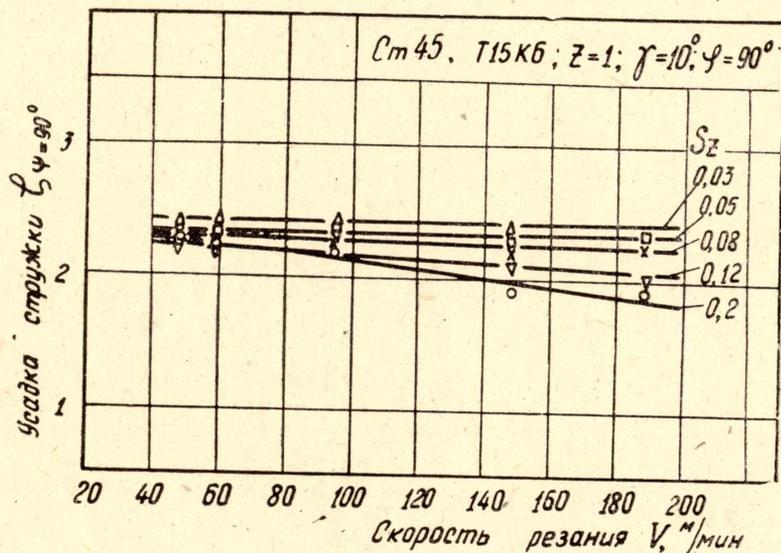


Рис. 3. Зависимость усадки стружки от скорости резания при различных подачах на зуб

среза усадка  $\zeta_{a,l}$  вначале резко падает, а затем переходит в плавную кривую, достигая наименьшего значения при толщине среза, равной подаче на зуб.

Мгновенные значения температуры подобно усадке по длине и толщине не остаются постоянными по длине дуги контакта. В опытах С. И. Тахмана [3] аналогичной зависимости между  $\zeta_{a,l}$  и температурой в области толщин  $a > 0,03$  мм не наблюдается.

Усадка стружки по ширине при выбранных нами режимах и геометрии инструмента остается практически постоянной по всей длине дуги контакта и равна 1.

На рис. 3 представлена зависимость усадки стружки от скорости резания для различных подач на зуб. Значения усадки стружки взяты для угла контакта  $\psi=90^\circ$ .

При больших подачах на зуб с увеличением скорости резания наблюдается уменьшение усадки. При меньших подачах на зуб усадка остается постоянной в выбранном интервале скоростей.

Предлагаемый метод дает более точное представление о распределении усадки стружки по длине дуги контакта инструмента с заготовкой и, следовательно, позволяет более точно исследовать силовые зависимости при торцовом фрезеровании.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. П. Келоглу. Некоторые вопросы деформации снимаемого слоя при фрезеровании. Ученые записки Кишиневского университета, т. 29, 1957.

2. А. Н. Резников, Ю. А. Новоселов. Метод определения усадки стружки при цилиндрическом фрезеровании. Известия вузов, Машиностроение, № 10, 1966.

3. С. И. Тахман. Исследование вопросов механики процесса резания при фрезеровании сталей твердосплавными цилиндрическими фрезами. Диссертация. Курганский машиностроительный институт, 1966.

4. Г. Л. Куфарев, А. А. Козлов, В. В. Овчаренко, Д. Е. Зайцев. Приспособление для мгновенного останова процесса резания при торцовом фрезеровании. Известия ТПИ, т. 183, 1968.

---