

## СТРУЖКООБРАЗОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ НЕСВОБОДНОГО РЕЗАНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Г. Л. КУФАРЕВ, К. Б. ОКЕНОВ

(Представлена научным семинаром кафедры станков и резания металлов)

Все основные виды механической обработки металлов резанием воспроизводят в большинстве случаев процесс несвободного резания, т. е. такой процесс, в котором принимают участие две или несколько режущих кромок.

Схема стружкообразования и закономерности процесса свободного резания разработаны к настоящему времени достаточно подробно [7]. Что же касается особенностей процесса несвободного резания, то их исследованием занимались немногие [1, 2, 3, 4, 5, 6], и особенно в тот период, когда разрабатывалась теория силового резания, характерного малым отношением ширины снимаемого слоя к его толщине. Вместе с тем опыт показывает, что правильное представление о схеме стружкообразования в процессе несвободного резания позволяет активно регулировать процесс завивания стружки и в значительной мере предопределять не только шероховатость обработанной поверхности, но также степень и глубину ее пластической деформации, появляющейся в процессе снятия стружки.

Существующие схемы процесса стружкообразования созданы на основе закона о независимости действия сил на главной и вспомогательной режущих кромках и предполагают существование сложного по форме поверхности сдвига металла, копирующего в сечении, параллельном основной плоскости, линию контура режущих кромок резца. Исследования, выполненные в лаборатории резания металлов Томского политехнического института в последние годы, позволяют говорить о том, что эти схемы справедливы в большей или меньшей степени в случае работы резцом, угол при вершине которого  $\epsilon > 90^\circ$ . Совсем иначе идет процесс формирования стружки, если угол при вершине резца  $\epsilon \leq 90^\circ$ . Именно этот случай, имеющий также большое распространение в практике машиностроения, и анализируется в предлагаемой работе.

Исследования проведены при обработке различных материалов, но их результаты иллюстрируются на примере резания Армко железа резцом с пластиной твердого сплава Т15К6, имеющим следующие геометрические параметры: передний угол  $\gamma = 10^\circ$ , угол наклона главной режущей кромки  $\lambda = 0$ , главный угол в плане  $\phi = 90^\circ$ , вспомогательный угол в плане  $\phi_1 = 6^\circ$ , главный и вспомогательный задние углы равны соответственно  $\alpha = 8^\circ$  и  $\alpha_1 = 6^\circ$ , радиус при вершине резца  $r = 0$ .

Резание в приводимой серии опытов осуществлялось при скорости  $V = 80$  м/мин, обеспечивавшей отсутствие нароста при различных комбинациях толщины и ширины снимаемого слоя, приведенных в табл. 1.

Таким образом, в данной серии опытов резание осуществлялось при снятии прямых ( $v/a > 1$ ), обратных ( $v/a < 1$ ) и равнобокой ( $v/a = 1$ ) стружек.

Резец при проведении опытов крепился в специальном приспособлении, позволяющем мгновенно вывести его из-под стружки, получив таким образом неискаженную зону формирования стружки (корень стружки). После проведения каждого из опытов:

1. Измерялась средняя усадка стружки по длине методом взвешивания;

2. Фотографировался корень стружки со стороны передней грани резца;

3. Приготавливался шлиф сечения стружки в плоскости, перпендикулярной направлению ее схода;

4. Приготавливались несколько шлифов корня стружки в сечениях, параллельных главной секущей плоскости;

5. Приготавливался шлиф корня стружки в сечении, параллельном вспомогательной секущей плоскости.

Таблица 1

№ опыта	1	2	3	4	5
$S = a$	0,36	0,73	1,5	1,5	1,5
$t = b$	1,5	1,5	1,5	0,73	0,36
$\frac{b}{a}$	4,17	2,06	1,00	0,486	0,240

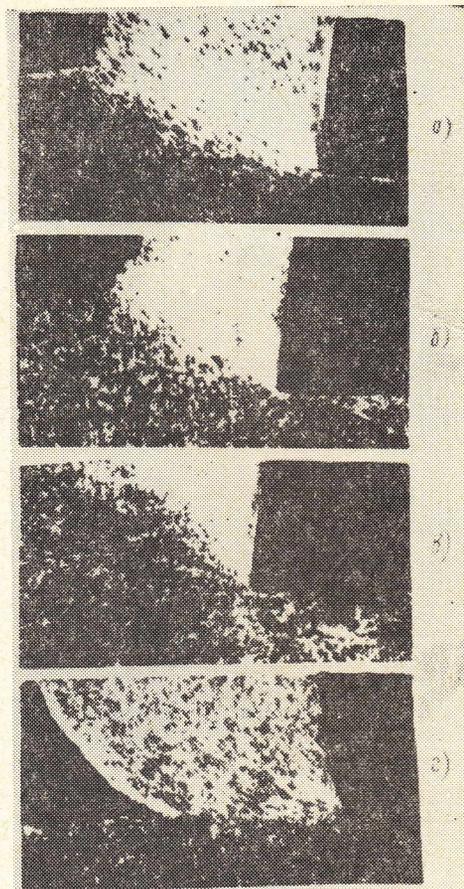


Рис. 1

В качестве иллюстрации на рис. 1 приведены результаты обработки корня стружки опыта № 2. На рис. 1, а, б и в представлены микрошлифы корня стружки в сечениях, параллельных главной секущей плоскости и отстоящих от свободной поверхности стружки на расстояниях, равных соответственно 0,15, 0,45, 0,75 мм. На рис. 1, г представлено изображение корня стружки в сечении, параллельном вспомогательной секущей плоскости.

На рис. 2 представлены фотографии поперечных сечений стружек и корня стружек со стороны передней грани резца, полученных в данной серии опытов. Обработка и анализ информации, полученной из нескольких аналогичных серий опытов, выполняемых на различных материалах и при различных скоростях резания, позволили установить ряд особенностей процесса формирования стружки при несвободном резании резцом с  $\epsilon \leq 90^\circ$ :

1. Толщина стружки вдоль главной режущей кромки переменна. Переменность ее тем больше, чем меньше отношение  $v/a$  для прямых стружек и чем больше это отношение для обратных стружек. Наиболь-

шую толщину стружка имеет на свободной поверхности, наименьшую — у вершины резца. Толщина стружки у вершины резца отлична от нуля и имеет тем большее значение, чем больше толщина срезаемого слоя.

2. Угол  $\Phi$ , определяющий направление сдвига в различных сечениях зоны стружкообразования, различен (рис. 1, а, б, в). Он увеличивается от свободной поверхности стружки к вершине резца. Таким образом,

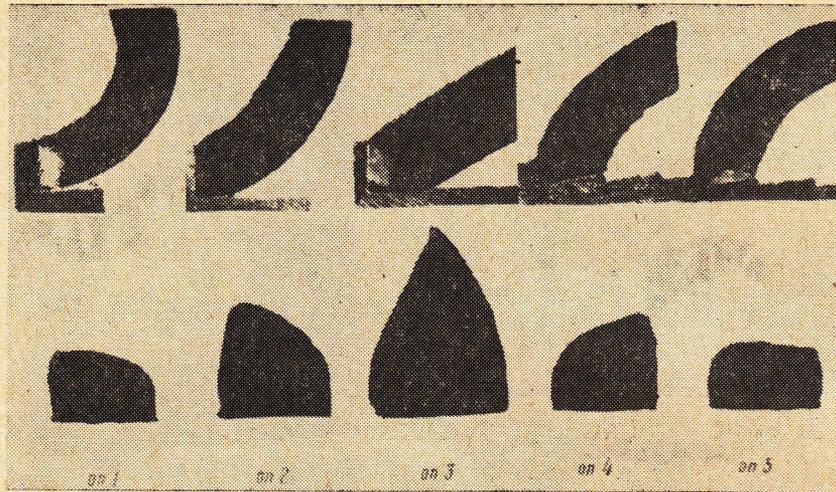


Рис. 2

поверхность сдвига представляется в виде закрытой винтовой поверхности, осью которой является режущая кромка АО (рис. 3), а производящей линией — прямая АВ.

3. Усадка стружки вдоль наибольшей (главной) режущей кромки переменна и может быть определена либо по соответствующему сечению корня стружки, либо как отношение толщины, измеренной на поперечном сечении самой стружки (рис. 2) к толщине срезаемого слоя, что иллюстрируется данными табл. 2.

Таблица 2

Определяемый параметр	Сечение		
	I—I	II—II	III—III
Расстояние от свободной поверхности стружки в мм	0,15	0,45	0,75
Угол $\Phi$ в сечении, определенный по рис. 1, а, б, в	24°	33°	45°
Толщина стружки, определенная по рис. 2 (оп. 2), в мм	1,82	1,70	0,88
Усадка стружки $\xi = \frac{a_1}{a}$	2,43	1,6	1,2
Усадка стружки $\xi = \frac{\cos \Phi - \gamma}{\sin \Phi}$	2,35	1,67	1,11

Это обстоятельство позволяет в дальнейшем по форме поперечного сечения стружки определять форму поверхности сдвига (угол  $\Phi$  в любом сечении), не прибегая к анализу шлифов корня стружки в различных сечениях, приготовление которых является трудоемкой операцией.



4. Как следует из рис. 1,  $e$ , угол, определяющий направление сдвигов в сечении, параллельном вспомогательной секущей плоскости, равен нулю. Это значит, что здесь сдвиг осуществляется в плоскости, перпендикулярной к основной и проходящей через вспомогательную режущую кромку.

5. На участке контакта стружки с резцом в пределах подачи направление схода стружки перпендикулярно главной режущей кромке. Подтверждением этого является изображение корня стружки на рис. 1,  $d$ , а также то, что угол между свободной боковой поверхностью стружки и ее прирезковой поверхностью равен  $90^\circ$  (смотри угол  $BAF$  на рис. 3 и сечения стружки на рис. 2).

6. При дальнейшем движении стружки переменность ее усадки вдоль режущей кромки и, как следствие этого, различные скорости движения разных точек стружки вдоль ее ширины ( $V_E > V_A$ ), приводят к завиванию стружки в плоскости передней грани резца. При этом скорость движения различных сечений стружки вдоль режущей кромки определяется известной зависимостью [8]

$$V_i = V \frac{\sin \Phi_i}{\cos (\Phi - \gamma)},$$

где  $V_i$  — скорость резания,

$\Phi_i$  — угол, определяющий положение условной плоскости сдвига в интересующем сечении стружки.

7. Радиус завивания стружки в плоскости передней грани резца определяется не только переменностью угла  $\Phi$  вдоль режущей кромки, но зависит также от коэффициента трения стружки о резец и осевого момента сопротивления стружки.

Выводы, сделанные на основании проведенного исследования, позволили создать принципиально новую схему образования стружки при несвободном резании как прямыми (рис. 3,  $a$ ), так и обратными стружками (рис. 3,  $b$ ). Предполагаемая схема позволяет по-новому подойти к решению вопроса о качестве обработанной поверхности.

Малый объем статьи не позволяет подробно описать процесс перехода прямой стружки в обратную, который оказывается весьма сложным, поскольку зависит кроме всего от сочетания передних углов на главной и вспомогательной режущих кромках.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Н. Лоладзе. Стружкообразование при резании металлов. Машгиз, М., 1950.
2. С. Ф. Глебов. Работа вспомогательного лезвия. «Станки и инструмент», № 8, М., 1950.
3. Н. И. Резников. Теоретическое обоснование течения с большими подачами по методу Колесова. Машгиз, М., 1953.
4. П. Н. Обухов. Исследование процесса силового резания сталей. Диссертация, Томск, 1955.
5. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, М., 1956.
6. Н. И. Резников. Скоростное резание металлов с большими подачами. Машгиз, М., 1957.
7. Развитие науки о резании металлов. Изд. «Машиностроение», М., 1967.
8. Резание металлов и инструмент. Изд. «Машиностроение», М., 1964.