

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУЖКИ ПРИ НЕСВОБОДНОМ РЕЗАНИИ РЕЗЦОМ С УГЛОМ ПРИ ВЕРШИНЕ БОЛЬШЕ 90°

Г. Л. КУФАРЕВ, К. Б. ОКЕНОВ

(Представлена научным семинаром кафедры станков и резания металлов)

Изучением процесса стружкообразования при несвободном резании начали заниматься сравнительно недавно [1, 2, 3, 4, 5]. Большинство из этих работ относится к исследованию силового резания, которое характеризуется малым отношением ширины срезаемого слоя к его толщине и осуществляется резцом специальной геометрии. Наиболее простым и в то же время самым распространенным случаем несвободного резания является резание двумя сопряженными режущими кромками срезаемого слоя с $v/a = 1$. Этот случай процесса несвободного резания является наименее изученным. Правильное представление о схеме стружкообразования и механизме деформации на вспомогательной режущей кромке резца позволяет в значительной мере предопределять шероховатость, степень и глубину наклепа обработанной поверхности, так как последние тесно связаны с явлениями, происходящими на вспомогательной режущей кромке резца.

Исследования, выполненные в лаборатории резания металлов Томского политехнического института в последние годы, показали, что на процесс стружкообразования при несвободном резании значительное влияние оказывает геометрия резца, особенно угол при его вершине ϵ . Оказалось, что угол ϵ влияет на характер и степень деформации на вспомогательной режущей кромке резца, форму поперечного сечения и угла схода стружки и т. д.

В данной работе анализируется случай образования стружки при несвободном резании резцом с углом при его вершине $\epsilon > 90^\circ$.

Изучение процесса образования стружки производилось подробным исследованием корней стружек, полученных с использованием специального приспособления, позволяющего мгновенно вывести резец из-под стружки, сохранив при этом не искаженной зону деформирования стружек.

Исследования были выполнены при обработке различных материалов. Их результаты иллюстрируются на примере резания отоженной стали 20 резцом с пластинкой твердого сплава Т15К6, имеющим следующие геометрические параметры: передний угол $\gamma = 10^\circ$, угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0$, вспомогательный угол в плане $\phi_1 = 8^\circ$, главный и вспомогательный задние углы соответственно $\alpha = 10^\circ$ и $\alpha_1 = 8^\circ$, радиус при вершине резца $r = 0$. Значения главного угла в плане ϕ , угла при вершине резца ϵ и режимы резания приведены в табл. 1.

Резание в данной серии опытов осуществлялось при скорости резания 85 м/мин, обеспечивающей отсутствие нароста на резце. Принятые значения углов в плане резца являются рекомендованными в производстве и обеспечивают довольно широкое изменение угла при вершине.

Таблица 1

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Главный угол в плане ϕ	30	30	30	45	45	45	60	60	60
Угол при вершине ϵ	142	142	142	127	127	127	112	112	112
Подача S , мм/об	0,87	0,43	0,21	0,87	0,43	0,21	0,87	0,43	0,21
Глубина резания t , мм	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Каждый из корней стружки фотографировался со стороны передней грани резца, что позволяло определить направление схода стружки. Затем готовились и анализировались шлифы:

а) поперечного сечения стружки (рис. 1); на них промерялась

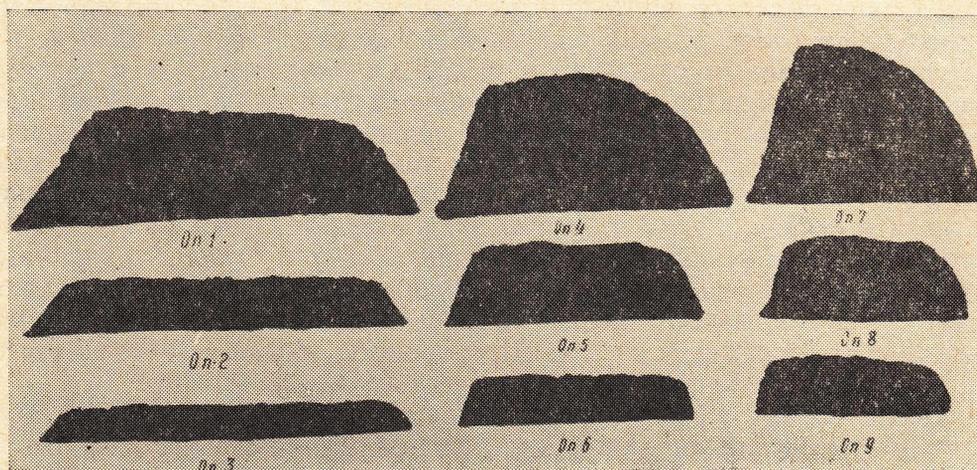


Рис. 1

толщина стружки в различных точках по ее ширине и углы наклона ее боковых сторон;

б) корня стружки в сечении, параллельном передней грани резца (рис. 2), анализ которых позволял оценить характер деформации металла стружки;

в) корня стружки в сечениях, параллельных главной секущей плоскости, на которых измерялся угол Φ , определяющий положение условной плоскости сдвига в каждом из сечений;

г) корня стружки в сечениях, параллельных вспомогательной секции плоскости, на которых измерялся угол Φ' , определяющий направление сдвига в процессе деформации металла стружки со стороны вспомогательной режущей кромки.

Обработка и анализ информации, полученной из нескольких аналогичных серий опытов, выполненных на различных режимах резания разных металлов, позволили установить ряд особенностей формирования стружки при несвободном резании резцом с $\epsilon > 90^\circ$ и выработать схему процесса стружкообразования (рис. 3).

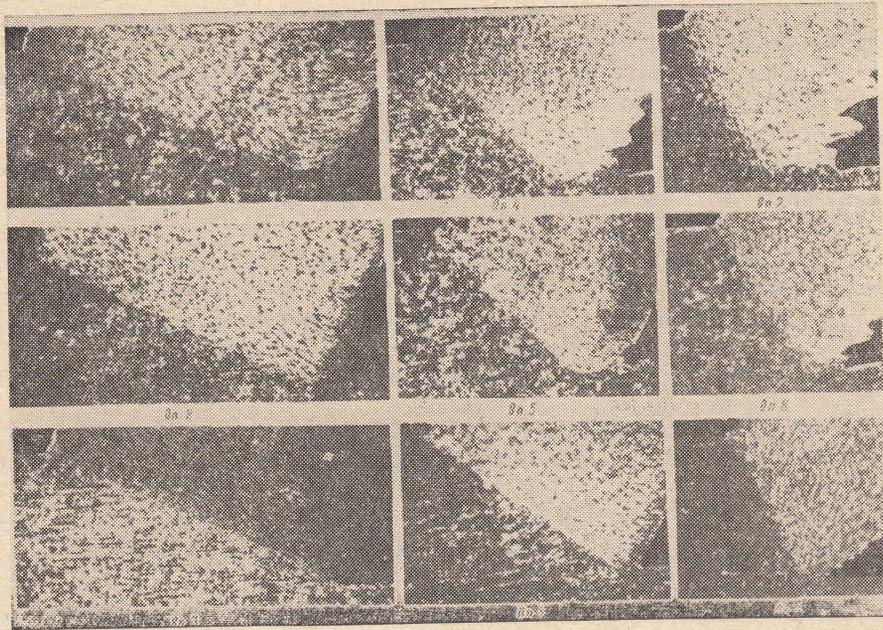


Рис. 2

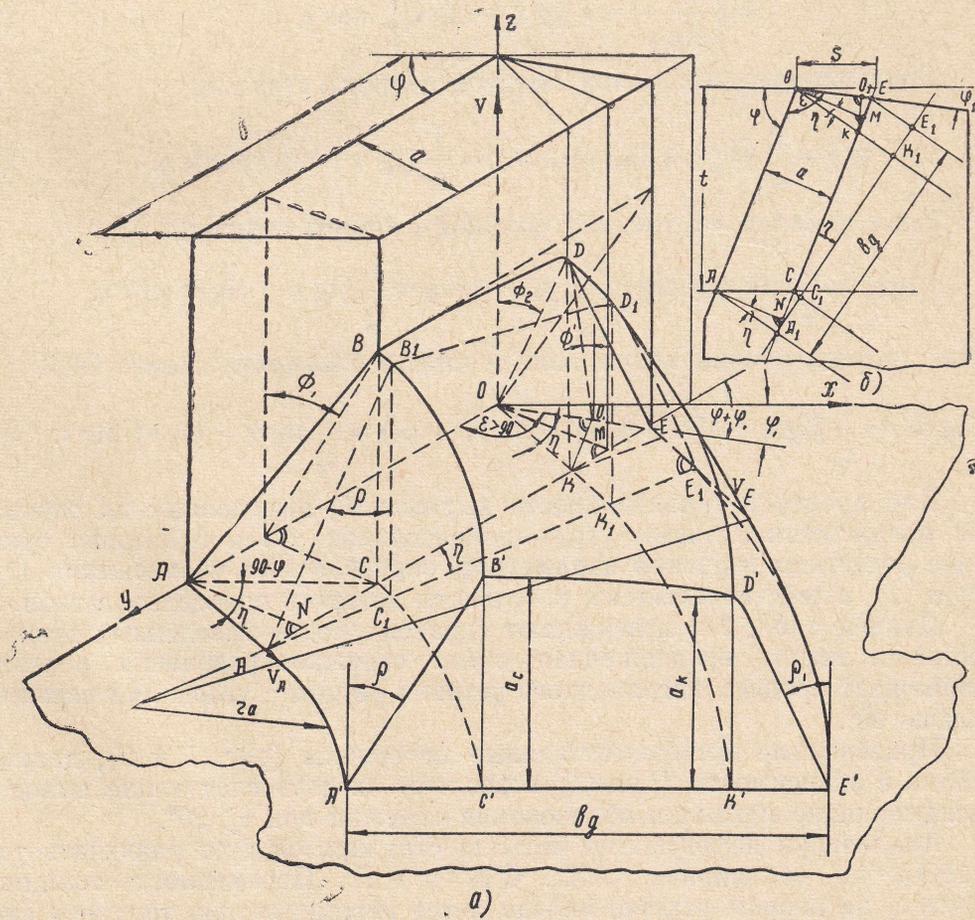


Рис. 3

Предлагаемая схема стружкообразования отражает следующие экспериментально установленные закономерности:

1. Усадка стружки на участке А'С' (рис. 3) постоянна, на участке С'К' уменьшается, а затем снова (на участке К'Е') остается неизменной.

2. Деформация металла стружки осуществляется на участке А'К' путем сдвига по поверхности ОАВД, а на участке К'Е'—по плоскости ОЕД.

3. Направление схода стружки в пределах контакта стружки с резцом отклоняется от перпендикуляра к главной режущей кромке на величину угла η , значение которого изменяется в зависимости от отношения $\frac{b}{a}$ и изменения угла ε . В дальнейшем, уменьшение усадки вдоль главной режущей кромки к вершине резца ($\xi_a > \xi_k$ или $a_c > a_k$ и $V_A < V_E$) приводит к завиванию стружки в плоскости передней грани резца.

Анализ схемы (рис. 3) позволяет установить функциональные связи между параметрами стружки, сечением среза и углами резца, измеряемыми в основной плоскости.

Ширина срезаемого слоя металла, измеренная в направлении, перпендикулярном направлению схода стружки,

$$\begin{aligned} b_g &= \left\{ \frac{t}{\sin \varphi} + a [\operatorname{tg} \eta + \operatorname{ctg} (\varphi + \varphi_1)] \right\} \cdot \cos \eta = \\ &= \left\{ \frac{t}{\sin \varphi} + a [\operatorname{tg} \eta - \operatorname{ctg} \varepsilon] \right\} \cdot \cos \eta. \end{aligned} \quad (1)$$

Угол наклона свободной боковой стороны стружки

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{a}{a_c} (\operatorname{tg} \eta + \operatorname{ctg} \varphi) \cdot \cos \eta = \frac{1}{\xi_c} (\operatorname{tg} \eta + \operatorname{ctg} \varphi) \cdot \cos \eta. \quad (2)$$

Угол наклона внутренней боковой стороны стружки

$$\operatorname{tg} \rho_1 = \frac{a}{a_k} [\operatorname{tg} \eta + \operatorname{ctg} (\varphi + \varphi_1)] \cdot \cos \eta = \frac{1}{\zeta_k} [\operatorname{tg} \eta - \operatorname{ctg} \varepsilon] \cdot \cos \eta. \quad (3)$$

Угол, определяющий положение условной плоскости сдвига ОЕД

$$\operatorname{tg} \Phi' = \frac{1}{\zeta_k} [\operatorname{tg} \eta + \operatorname{ctg} (\varphi + \varphi_1)] \cdot \sin (\varphi + \varphi_1) = \frac{1}{\zeta_k} [\operatorname{tg} \eta - \operatorname{ctg} \varepsilon] \cdot \sin \varepsilon. \quad (4)$$

Для проверки справедливости выражений, выведенных на основании предложенной схемы стружкообразования, было проведено сравнение расчетных значений параметров, определяемых уравнениями (1), (2) и (3), с действительными, результаты которого приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 подтверждают справедливость выведенных зависимостей, а значит предложенная схема стружкообразования реально отображает процесс несвободного резания резцом с углом при вершине больше 90° .

Приведенные экспериментальные материалы (рис. 1 и 2), данные таблиц в зависимости (1)—(4) позволяют сделать следующие выводы, раскрывающие механизм образования стружки при $\varepsilon > 90^\circ$.

Анализируя деформацию металла стружки, следует различать три участка по ее ширине: А'С', С'К' и К'Е'. Переменность толщины стружки на первом участке определяется переменностью толщины срезаемого слоя в его пределах. Величина этого участка определяется

Таблица 2

№ Опы- та	Толщина			Усадка		η^0	ρ^0	ρ_1^0			Ширина, мм		уши- рение b_1/b_g
	a , мм	a_c , мм	a_k , мм	$\frac{a_c}{a}$	$\frac{a_k}{a}$	заме- рено	заме- рено	рассчи- тано	заме- рено	рассчи- тано	сечения среза b_g	струж- ки b_1	
1	0,430	1,30	1,15	3,00	2,60	3	30	30	28	26	4,60	4,80	1,04
2	0,210	0,66	0,55	3,14	2,62	2	31	29	26	27	4,27	4,55	1,06
3	0,100	0,40	0,34	4,00	3,40	0	27	24	23	21	4,13	4,30	1,04
4	0,615	1,80	1,70	2,92	2,77	9	20	20	16	14	3,39	3,45	1,02
5	0,307	1,00	0,80	3,26	2,77	7	19	20	16	15	3,10	3,20	1,03
6	0,150	0,60	0,55	3,93	3,66	3	18	17	14	12	2,93	3,00	1,02
7	0,754	2,05	1,60	2,72	2,12	14	14	15	16	17	2,80	2,90	1,04
8	0,370	1,10	0,90	2,96	2,43	11	13	13	13	13	2,55	2,70	1,06
9	0,184	0,70	0,60	3,80	3,26	8	10	10	10	10	2,43	2,56	1,05

прежде всего углом φ . При $\varphi=90^\circ$ угол $\eta=0$ [6], угол ρ , в соответствии с уравнением (2), также равен нулю, что приводит к исчезновению участка $A'S'$. На участке $K'E'$ толщина срезаемого слоя также переменна, но величина его определяется не углом φ , а углом ε . Угол ρ_1 и участок $K'E'$ будут равны нулю при $\varepsilon = 90^\circ$ независимо от величины угла φ . В этом случае в соответствии с уравнением (4) и угол Φ' будет равен нулю, т. е. вспомогательная режущая кромка будет деформировать металл по схеме среза [6].

Участок $S'K'$ характеризуется постоянством толщины срезаемого слоя. Уменьшение усадки от точки S' к точке K' объясняется стесненными условиями деформации металла у вершины резца. Относительное уменьшение усадки на этом участке обычно увеличивается с ростом величины подачи и абсолютного значения усадки стружки.

Уменьшение угла ε и увеличение толщины среза при постоянной глубине резания приводит, как это следует из схемы (рис. 3) и формулы (4), к затруднению деформации в сечениях, параллельных вспомогательной секущей плоскости. Это приводит при малых значениях угла при вершине (оп. 7, 8 на рис. 2) и малых отношениях $\frac{v}{a}$ (оп. 4, 7 на

рис. 2) к периодическому сдвигу металла стружки вдоль вспомогательной режущей кромки и образованию на внутренней боковой поверхности стружки элементов, размеры которых определяются длиной рабочего участка вспомогательной режущей кромки.

Весьма незначительное уширение стружки (табл. 2) позволяет говорить о том, что схема деформации при несвободном резании значительно ближе к плоской, чем при свободном резании.

Выработанные представления о схеме деформации металла стружки при несвободном резании позволяют правильно описать и механизм образования обработанной поверхности, шероховатость, степень и глубина деформации которой в значительной степени предопределяются условиями деформирования металла стружки в пределах рабочего участка вспомогательной режущей кромки.

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 точения 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. Г. Л. Куфарев, К. Б. Окенов. Стружкообразование в процессе несвободного резания пластичных металлов (настоящий сборник).