

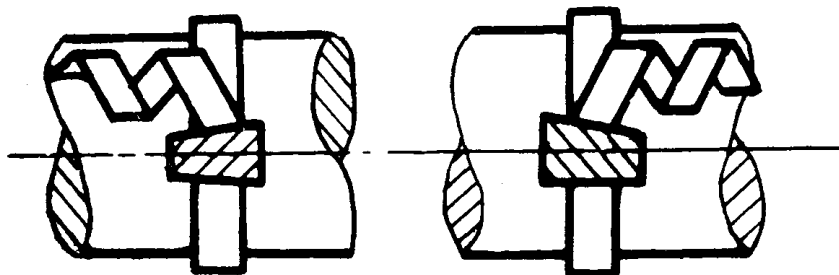
ВЛИЯНИЕ УГЛА НАКЛОНА ГЛАВНОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ РЕЗЦА НА ДЕФОРМАЦИЮ СТРУЖКИ

В. М. МОСТОВОЙ, И. М. ПАЗНИКОВ

(Представлено проф. докт. техн. наук А. М. Розенбергом)

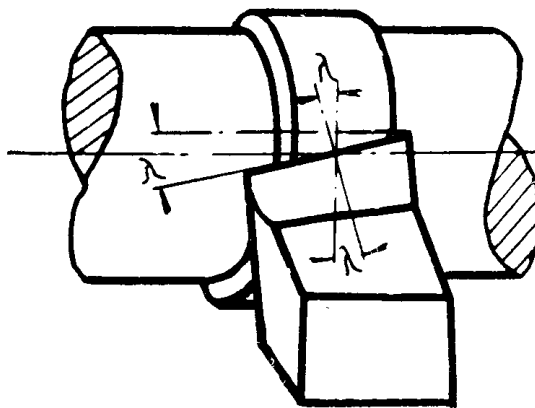
Введение

Вопрос о влиянии угла наклона главной режущей кромки резца на процесс резания до настоящего времени достаточно подробно не изучен. Обычно во всех литературных источниках, особенно в учебниках по обработке металлов резанием, указывается, что положение главной режущей кромки резца (фиг. 1) оказывает влияние только на направление схода стружки. Основываясь на наблюдениях, мы предполагаем, что угол наклона



Фиг. 1

главной режущей кромки оказывает существенное влияние на пластическую деформацию стружки, а следовательно, и на силы резания. Целью данной работы является выяснение влияния угла наклона главной режущей кромки резца на усадку стружки и на температуру резания в сочетании с другими геометрическими параметрами, в частности, с углом резания. Выяснением влияния угла наклона режущей кромки занимались: Селлергрэн, Глебов, Панин, Зорев и Розенберг А. М. Селлергрэн в 1896 г. при наличии наклонной режущей кромки к направлению движения предложил измерять угол резания в плоскости, отклоняющейся от нормальной к лезвию на тот же угол λ , на который лезвие отклоняется от перпендикуляра к направлению движения (фиг. 2). Выдвинутое положение Селлергреном Глебов назвал „законом Селлергрена“ и дал следующую формулировку [1]: „Угол отклонения стружки от перпендикуляра к лезвию равен углу отклонения лезвия от

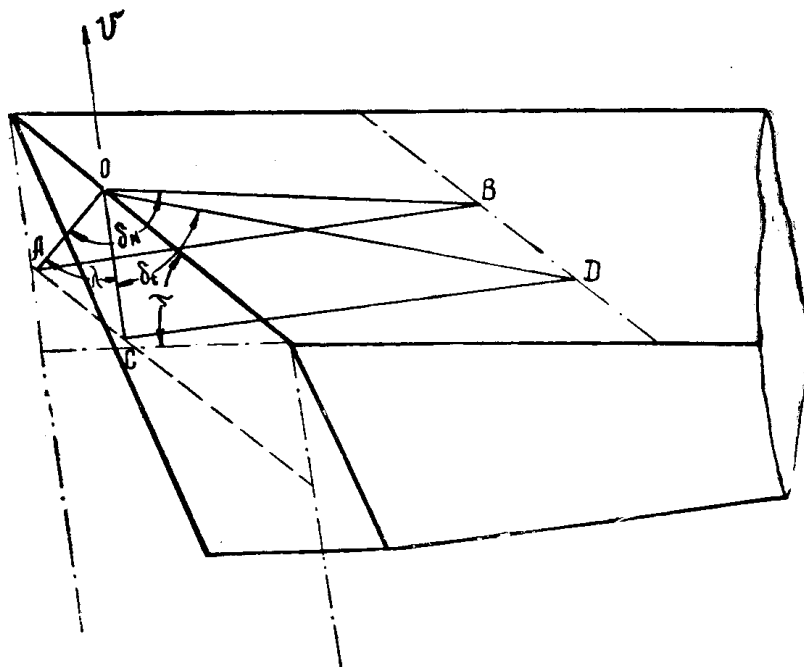


Фиг. 2

перпендикуляра к направлению движения". Итак, по Селлергрёну, Глебову, Панкину угол резания нужно мерить не в плоскости AOB , а в плоскости COD (фиг. 3). В треугольниках AOB и COD сторона AB перпендикулярна стороне AO и CD перпендикулярна CO , откуда угол резания определяется:

$$\operatorname{tg} \delta_T = \frac{CD}{OC} = \frac{CD}{\frac{AO}{\cos \lambda^\circ}} = \operatorname{tg} \delta_N \cdot \cos \lambda^\circ.$$

Из данного расчета следует, что наклон главной режущей кромки уменьшает угол резания. Однако профессор А. М. Розенберг считает, что наклон режущей кромки не уменьшает угол резания, а, наоборот, увеличивает [2].



Фиг. 3

Методика исследования

Первая часть экспериментальной работы проводилась с 1953 г. на токарно-винторезном станке типа 1616 Куйбышевского завода. Обработке подвергалась сталь 30 при свободном и несвободном резании. Химический состав обрабатываемой стали: $C = 0,33\%$; $Mn = 0,79\%$; $Si = 0,15\%$. Механические характеристики: временное сопротивление $\sigma_{вр} = 54 \frac{кг}{мм^2}$, предел

текучести $\sigma_s = 27,2 \frac{кг}{мм^2}$, относительное удлинение $\delta = 24\%$. С целью исключения влияния нароста на усадку стружки опыты были повторены по красной меди. Резцы оснащались пластинками из твердого сплава Т15К6. Геометрия экспериментальных резцов указана в таблице. Скорость резания изменялась от 8 до 200 м/мин при подаче $S = 0,21$ мм/об, глубине резания $t = 2$ мм.

Резцы	1	2	3	4	5	6
λ	0°	$+3^\circ$	$+6^\circ$	$+9^\circ$	$+12^\circ$	-12°

Остальные углы сохранялись: $\beta = 62^\circ$, $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 23^\circ$.

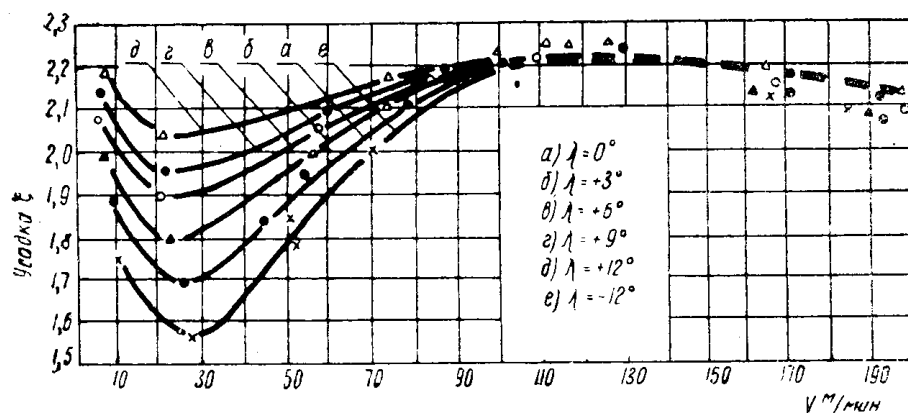
Относительная температура измерялась термопарой резец-болванка и отмечалась по гальванометру.

Вторая часть экспериментальной работы проводилась на токарно-винторезном станке 1А62 по углеродистой стали 45, резцом из быстрорежущей стали Р9, при скорости резания $V = 72 \text{ м/мин}$, глубине резания $t = 1,6 \text{ мм}$ и подаче $S = 0,2 \text{ мм/об}$.

При выполнении опытов менялись в широком диапазоне угол наклона главной режущей кромки и угол резания. Из всех экспериментальных резцов наиболее высокую стойкость дал резец с углом наклона главной режущей кромки $\lambda = +32^\circ$, передним углом (в направлении схода стружки) $\gamma = 50^\circ$ и углом в плане $\varphi = 50^\circ$.

Результаты исследований

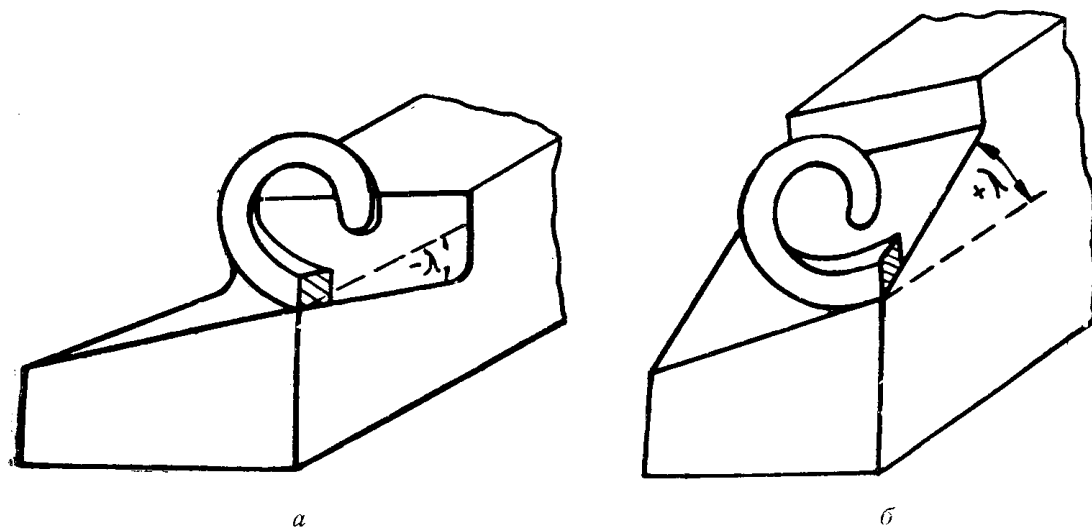
На фиг. 4 представлены кривые зависимости усадки стружки от скорости при различных углах наклона главной режущей кромки. При угле наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$ (кривая *а*) в интервале скоростей:



Фиг. 4. Обрабатываемый материал сталь 30

от 8 до 25 м/мин, усадка резко снижается под действием увеличивающегося нароста. С дальнейшим повышением скорости от 25 до 120 м/мин усадка увеличивается за счет постепенного уменьшения нароста. Из многочисленных исследований других авторов известно, что изменение силы резания следует за усадкой, это дает основание считать, что силы резания будут изменяться по тому же закону, что и усадка стружки. Кривая *б* соответствует углу $\lambda = +3^\circ$. При этом угле наклона главной режущей кромки усадка имеет более высокие значения. С дальнейшим увеличением этого угла усадка стружки непрерывно растет (кривые *в*, *г*, *д*). При отрицательном значении угла наклона главной режущей кромки, т. е. при $\lambda = -12^\circ$, (кривая *е*) усадка — меньше, чем во всех предыдущих случаях (кривые *д*, *г*, *в*, *б*, *а*). Уменьшение усадки при сьеме стружки резцом, имеющим отрицательное значение угла наклона главной режущей кромки резца,

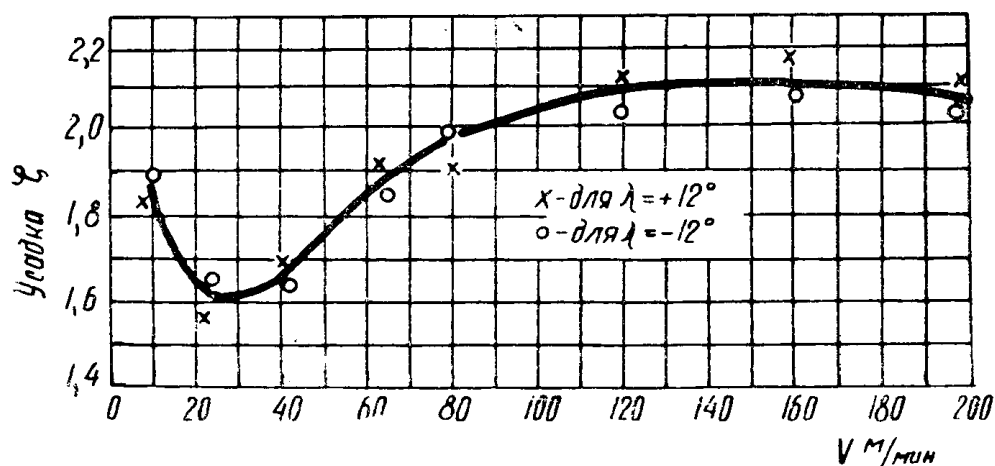
объясняется менее стесненными условиями резания, в данном случае, вершина резца (фиг. 5а) находится выше любой точки режущей кромки и в силу этого нормальная сила и сила трения будут иметь меньшие значения. При положительных значениях угла λ (фиг. 5б) условия стружкоотделения затруднены, в силу чего нормально действующая сила и сила трения будут иметь более высокие значения. Кроме этого, в данном слу-



Фиг. 5

чае отделяемая стружка не отжимается от обрабатываемой поверхности, что имеет место при отрицательных значениях угла, а наоборот прижимается в направлении корня стружки. При этом угол между вспомогательной режущей кромкой и направлением схода стружки уменьшается.

В подтверждение сказанного мы провели опыт при свободном резании с соблюдением тех же условий, что и при несвободном резании. Как следует из фиг. 6 кривые зависимости для углов наклона главной режущей кромки $\lambda = -12^\circ$ и $\lambda = +12^\circ$ налагаются одна на другую. В этих двух

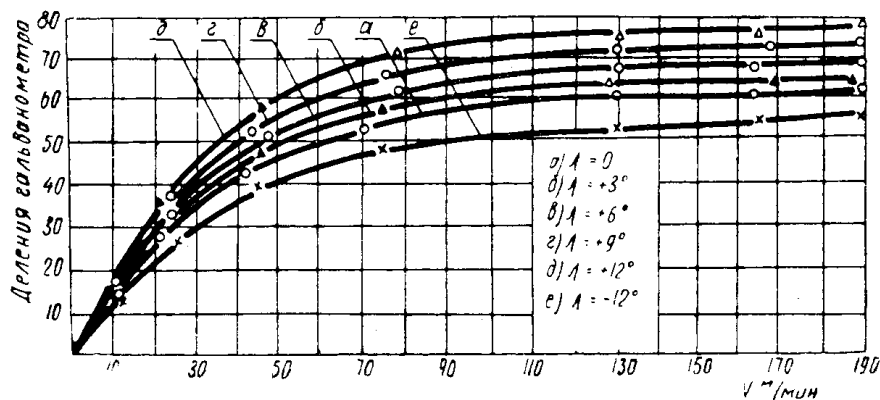


Фиг. 6. Свободное резание по стали 30

рассматриваемых случаях сохраняется равенство усадок в результате равенства углов резания в направлении схода стружки и одинаковых условий стружкообразования. При положительных значениях угла λ стружка сходится по передней грани в сторону меньшего угла резания, т. е. в сторону обработанной поверхности детали, и при отрицательных значениях

угла λ стружка также уходит в направлении меньшего угла резания, но в сторону противоположную, т. е. от обрабатываемой поверхности (фиг. 5а и б). Углы схода стружки относительно нормали к главной режущей кромке равны, но противоположно направлены. Несвободное резание характеризуется большими усадками и температурами в случае резания резцами имеющими положительное значение угла наклона главной режущей кромки и наоборот. Процесс резания с положительным углом λ протекает в более сложных условиях: стружкообразование протекает в стесненных условиях. Чтобы нейтрализовать вредное влияние положительного значения угла наклона главной режущей кромки на процесс резания, по нашему мнению, можно пойти по пути увеличения переднего угла.

Расположение кривых зависимости усадки стружки от скорости резания при различных значениях угла наклона главной режущей кромки (фиг. 4) указывает на то, что по мере увеличения положительных значений угла наклона λ кривые смещаются в зону меньших скоростей. Так, например, минимальное значение усадки при $\lambda = +12^\circ$ соответствует скорости $V = 20$ м/мин (кривая д), а при $\lambda = -12^\circ$ минимум усадки соответствует скорости $V = 30$ м/мин (кривая е). Такое расположение кривых зависимости $\xi = f(V)$ хорошо увязывается с представлениями о тепловых процессах, происходящих при резании стали. Кроме этого, из фиг. 4 выясняется скорость, при которой для данных конкретных условий угол наклона главной режущей кромки не оказывает существенного влияния на процесс резания. Справедливость высказанного хорошо подтверждается на фиг. 7; здесь характер изменения относительной

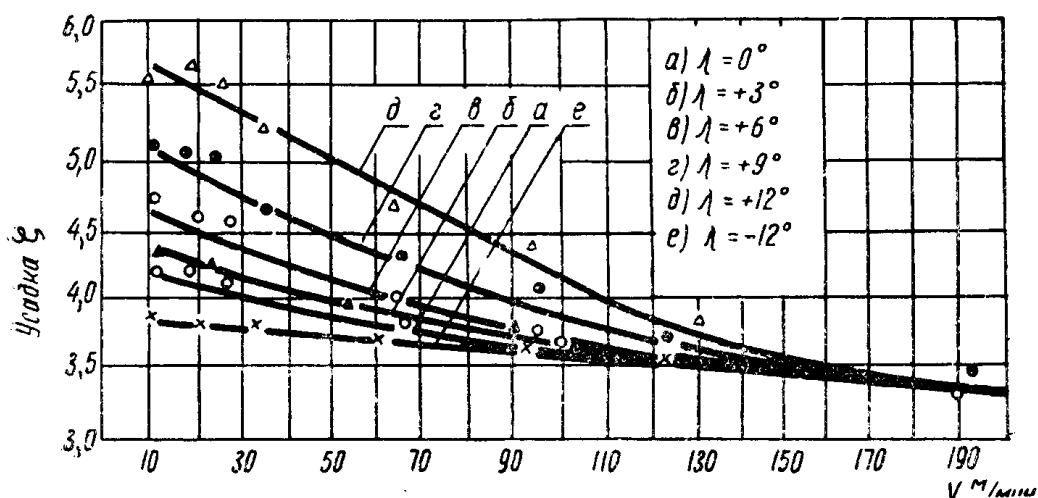


Фиг. 7. Обрабатываемый материал сталь 30

температуры (деления гальванометра) на передней грани резца сохраняется для всех углов наклона главной режущей кромки. При этом обнаруживается и то, что температура резко возрастает до скорости резания, равной 70 м/мин. При дальнейшем повышении скорости рост температуры резко отстает. На фиг. 7, кривая а получена при угле наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$; б) $\lambda = +3^\circ$; в) $\lambda = +6^\circ$; г) $\lambda = +9^\circ$; д) $\lambda = +12^\circ$; е) $\lambda = -12^\circ$. Вместе с тем здесь ясно обнаруживается веерообразное расположение кривых. Кривая е, полученная при отрицательном значении угла $\lambda = -12^\circ$, располагается в зоне более низких температур, и наоборот с увеличением положительного значения угла наклона режущей кромки от 0 до $+12^\circ$ кривые б, в, г, д смещаются в зону более высоких температур. Здесь хорошо иллюстрируется влияние стесненных условий при стружкообразовании.

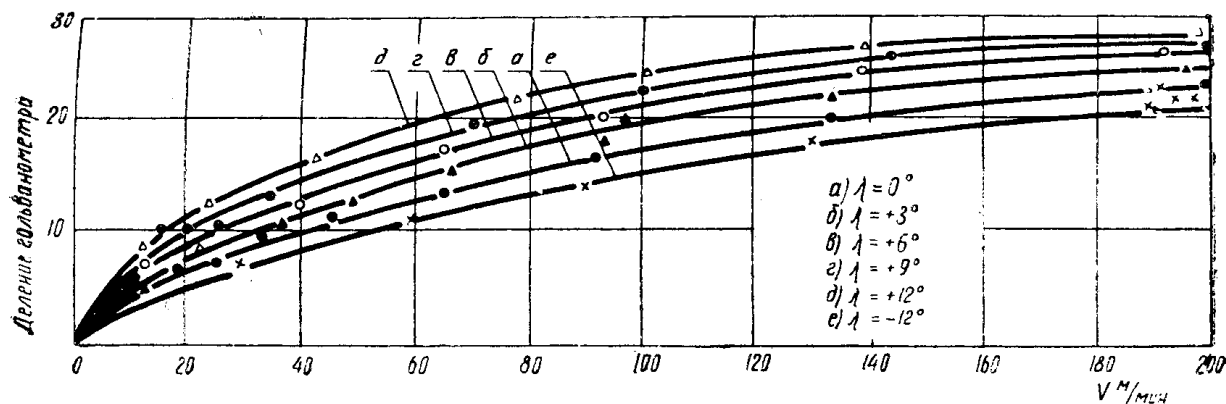
На фиг. 4 характер изменения кривых определяется воздействием на процесс резания двух факторов: наличием изменяющегося нароста и раз-

личными углами наклона главной режущей кромки. Тот и другой факторы, действуя совместно, изменяют направление схода стружки (фиг. 5а и б). Чтобы исключить влияние нароста на усадку стружки и выявить только влияние угла наклона главной режущей кромки, мы провели опыты по красной меди, при обработке которой отсутствует нарост. На фиг. 8 и 9 кривые расположились в том же порядке, что и на фиг. 4 и 7, но характер их в рассматриваемом случае резко отличается от кривых, полу-



Фиг. 8. Обрабатываемый материал красная медь

ченных по стали с присутствием нароста на резце. Опыты по красной меди убедительно показывают, что угол наклона главной режущей кромки оказывает на процесс резания непосредственное и довольно существенное влияние.



Фиг. 9. Обрабатываемый материал сталь 30

При обработке стали 45 резцом из быстрорежущей стали Р9 с вышеуказанной геометрией получена стойкость на 25% выше по сравнению с резцом нормальной геометрии со значительным снижением мощности.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением положительного значения угла наклона главной режущей кромки температура на контактной поверхности стружки и резца и усадка стружки растут, что подтверждается как опытами по стали, так и по красной меди.

2. При отрицательном значении угла наклона главной режущей кромки усадка стружки и температура резания имеют меньшие значения.

3. При равных значениях положительных и отрицательных углов наклона главной режущей кромки (при свободном резании) стружка будет сходиться в направлении равных углов резания, и при этом усадки стружек в том и другом случае будут одинаковы (фиг. 6).

При несвободном резании усадка стружки увеличивается с увеличением положительных значений углов наклона главной режущей кромки и наоборот.

4. Отрицательное влияние положительного значения угла наклона главной режущей кромки на процесс резания (увеличение усадки, температуры резания и мощности) можно нейтрализовать уменьшением угла резания.

5. Данные результаты предварительных исследований показывают, что угол наклона главной режущей кромки оказывает существенное влияние на процесс резания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебов, С. Ф. — Теория наивыгоднейшего резания металлов. Книга I. Законы резания. Госмашметиздат, 1933.
 2. Розенберг А. М. — Динамика фрезерования, М Издат. Советская наука, 1945.
-