

М. В. КАСЬЯН, Г. А. АРУТЮНЯН

К ВОПРОСУ ОБ УПРОЧНЕНИИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ В ФУНКЦИИ ОТ ПАРАМЕТРОВ СРЕЗА

Нами проведено экспериментальное исследование по изучению характеристик упрочнения поверхности резания и обработанной поверхности при изменении главного угла в плане резца φ и глубины резания. Величины указанных параметров изменялись соответственно от 15 до 75° ($S=0,52\text{ мм/об}$, $t=1\text{ мм}$) и 0,5÷3,5 мм ($\varphi=60^\circ$, $S=0,26\text{ мм/об}$) при постоянном значении скорости резания ($V=8\text{ м/мин}$) и остальных геометрических параметров резца ($\gamma=+10^\circ$, $\varphi_1=10^\circ$, $\lambda=0^\circ$, $\alpha=\alpha_1=6^\circ$, $R=\rho=\delta=0$).

Опыты проводились на токарном станке по стали Ст. 3. Силы резания записывались на установке ЭПП-09М1 (электронные автоматические самопишущие потенциометры с записью на диаграммной ленте).

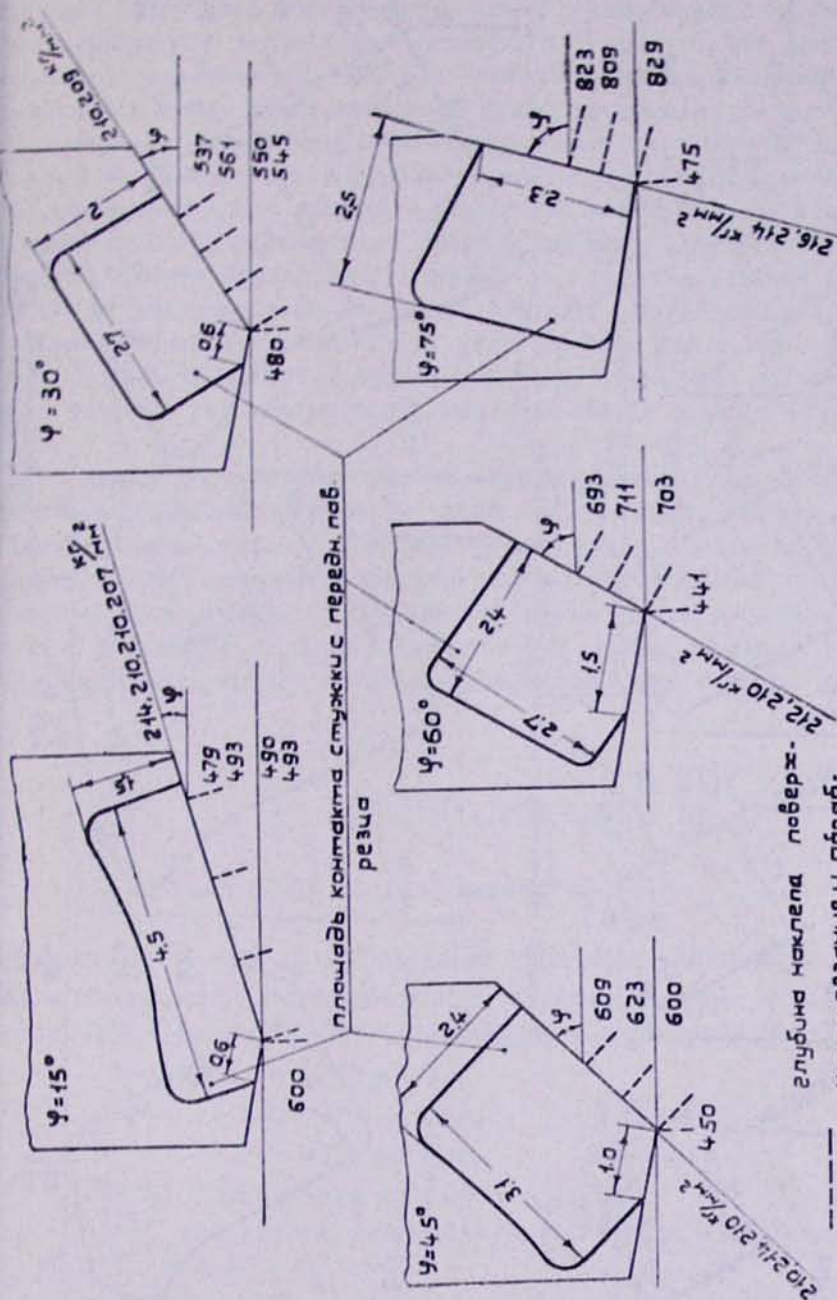
Заранее, перед экспериментами, на образцах обрабатывались поверхности резания для каждого значения угла φ и глубины резания в отдельности, при одних и тех же условиях резания.

Нанесение раствора медного купороса на передние поверхности резцов перед экспериментом способствует тому, что отчетливо видны контактные площади соприкосновения стружки с передней поверхностью резца. После эксперимента образцы снимались со станка и для исследования степени и глубины наклепа поверхности резания и обработанной поверхности разрезались на отдельные куски на горизонтально-фрезерном станке (при обильном охлаждении), с целью изготовления шлифов.

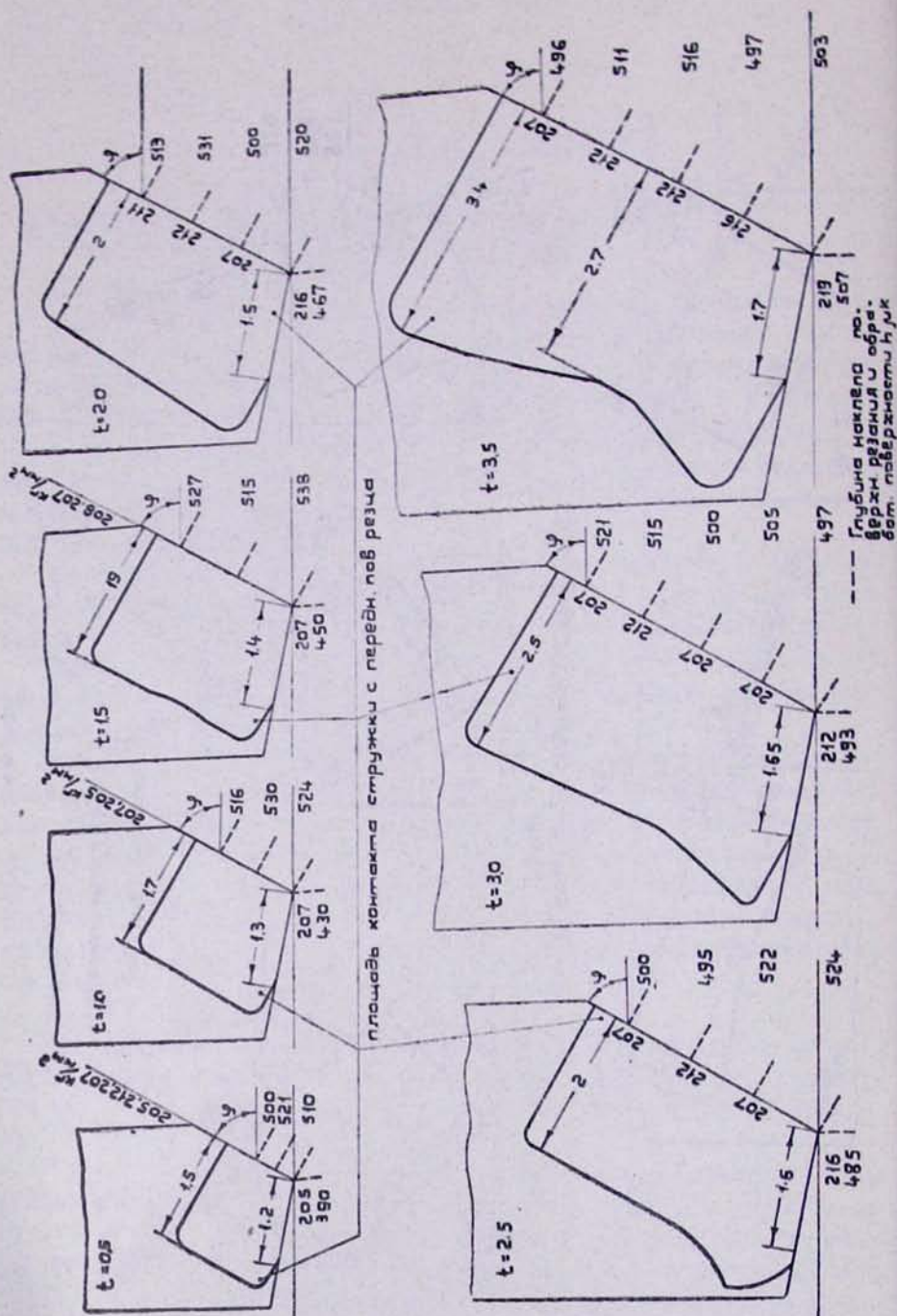
Результаты опытов представлены на фиг. 1 и 2.

Приведенные зависимости показывают, что с увеличением угла φ глубина наклепа поверхности резания непрерывно возрастает, между тем как при увеличении глубины резания значения ее почти не меняются.

При этом исключительно важной особенностью представленных данных экспериментов является равномерность степени и глубины наклепа в каждой точке вдоль главной режущей кромки резца. Это явление повторяется при изменении параметров φ и t в изучаемых пределах. С другой стороны, увеличение главного угла в плане приводит к горбообразному характеру изменения глубины наклепа обработанной поверхности, причем наибольшее ее значение—600 μk —получается при $\varphi=15^\circ$, а наименьшее значение—441 μk —при $\varphi=60^\circ$. С увели-



глубина наклепа поврх-
ности резанья и обраб.
поврхности и т.д.



изменением глубины резания, как видно на фиг. 2, глубина наклепа за линией среза в значительной степени изменяется, увеличиваясь от 2890 μk при $t=0,5$ мм до 507 μk при $t=3,5$ мм. Площадь контакта стружки с передней поверхностью резца с увеличением вышеуказанных параметров значительно изменяется. Важно то, что отмеченная площадь с увеличением угла φ и глубины резания в большей степени захватывает длину вспомогательной режущей кромки резца.

Исходя из полученных нами закономерностей, можно предсказать, что причиной возрастания глубины наклепа обработанной поверхности при увеличении угла φ является увеличение толщины среза и проекции осевой силы P_z , действующей перпендикулярно главной режущей кромке. Следует предположить также, что глубина резания (ширина среза) не должна влиять на характеристики упрочнения поверхности резания. Это вполне логично и исходит из того факта, что с увеличением ширины среза прямо пропорционально возрастают составляющие силы резания, что, кстати, подтверждается также нашими экспериментальными данными.

С целью обоснования вышеизложенных предположений нами определена величина условной удельной силы резания, действующая на единицу длины главной режущей кромки. Ввиду того, что значения степени и глубины наклепа поверхности резания в каждой точке вдоль режущей кромки резца не отличаются друг от друга, в зависимости от угла φ и глубины резания t (как сказано выше) величину условной удельной силы резания p можно определить зависимостью:

$$p = \frac{P}{b}, \quad \text{где} \quad (1)$$

$$P = \sqrt{(P'_z + P'_y + P'_x)^2 + P''_z{}^2},$$

$$b — \text{ширина среза, которая равна } b = \frac{t}{\sin \varphi}.$$

Здесь силы P'_z , P'_y и P'_x действуют на передней поверхности резца в одном направлении, перпендикулярно главной режущей кромке. Они деформируют металл поверхности резания и соответственно равны:

$$P'_z = P_z \sin \gamma,$$

$$P'_y = P_y \cos \varphi \cos \gamma,$$

$$P'_x = P_x \sin \varphi \cos \gamma.$$

Эти силы суммируются арифметически.

Сила P''_z направлена перпендикулярно равнодействующей сил P'_z , P'_y и P'_x : $P_1 = P'_z + P'_y + P'_x$.

Величина силы P''_z определяется зависимостью:

$$P''_z = P_z \cos \gamma.$$

Ниже, в табл. 1 и 2, приведены значения условной удельной силы p , подсчитанные по (1), в зависимости от угла φ и глубины резания.

φ°	15°	30°	45°	60°	75°
P_z' кг	42,6	24,7	24	22,6	23
P_y' "	114,2	66,5	47,3	30,5	16
P_x' "	5,1	14,8	24,4	32,4	41
P_z'' "	241	140	136	128	130
P "	290	175,6	166	159	154
$p \frac{\text{кг}}{\text{мм}}$	75,0	88	117	138	148

$V = 8 \text{ м/мин}, S = 0,52 \text{ мм/об}, t = 1,0 \text{ мм}$

Полученные данные показывают, что с увеличением угла в плане резца проекции сил P_z и P_y , а также равнодействующая p уменьшаются. При этом сила P_x' , наоборот, увеличивается, а удельная сила p возрастает почти в 2 раза. Причиной увеличения последней является то, что с увеличением угла φ равнодействующая сила P уменьшается в меньшей степени, чем ширина среза. С другой стороны, увеличение угла в плане приводит к возрастанию толщины среза, способствующему увеличению пластически деформированной зоны за поверхностью резания.

Таким образом, причиной возрастания глубины наклепа поверхности резания при увеличении угла φ является одновременное увеличение толщины среза и удельной силы p .

Математическая обработка результатов экспериментальных данных глубины наклепа поверхности резания h_n и удельной силы резания $p \frac{\text{кг}}{\text{мм}}$ дает степенную функцию в виде

$$h_n = p^x, \quad \text{где}$$

$$x = 1,35 \div 1,40.$$

Данные в табл. 2 показывают, что с увеличением глубины резания (ширины среза) проекции составляющих силы резания, действующие перпендикулярно поверхности резания, и их равнодействующая возрастают, а удельная сила p , наоборот, не меняется. Это говорит о том, что вышеуказанные силы с увеличением глубины резания возрастают прямолинейно, что подтверждается экспериментами.

Следовательно, ширина среза не должна влиять и на удельную работу резания, что установлено Н. Н. Зоревым [1]. А упрочнение в конечном счете—результат не только силы резания, но и удельной работы резания, необходимой для пластической деформации металла.

Таблица 2

t мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
P'_x кг	7,3	12,2	17,9	25,2	29,9	38,3	43,5
P'_y "	11,3	14,8	19,7	27	30,5	35,5	39
P'_x "	12,8	23	29,9	44,4	51,2	71,7	76
P'_z "	41,4	69	101,5	143	169	217	246
P "	52	85	122	172,6	203	260	293
p $\frac{\text{кг}}{\text{мм}}$	89,4	73,8	70,5	74,5	70,5	75	73

$$V=8 \text{ м/мин}, S=0,26 \text{ мм/об}, \varphi=60^\circ$$

Таким образом, установленный нами характер изменения степени и глубины наклепа поверхности резания при изменении угла в плане резца и независимость этих параметров поверхности резания от изменения глубины резания позволяет с новых позиций объяснить механизм упрочнения металла за линией среза при изменении угла φ резца, подачи и глубины резания.

Можно установить, что с уменьшением угла φ основной причиной увеличения глубины наклепа обработанной поверхности является положение главной режущей кромки относительно линии среза. Несмотря на то, что при уменьшении угла в плане, вследствие уменьшения толщины среза, глубина наклепа поверхности резания снижается, происходит такое изменение ориентации главной режущей кромки относительно линии среза, что упрочнение в большей степени проникает в глубь обработанной поверхности за линией среза. Наблюдаемое увеличение глубины и степени наклепа обработанной поверхности в диапазоне возрастания $\varphi=60^\circ \div 75^\circ$ следует объяснить активным влиянием вспомогательной режущей кромки, несмотря на значительное удаление положения режущей кромки от линии среза. Как видно на фиг. 1, при этом резко возрастает ширина контакта стружки с передней поверхностью резца, охватывающая большую часть вспомогательной режущей кромки. В таком случае увеличивается длина действия контактных напряжений вдоль вспомогательной режущей кромки резца. Небольшая величина вспомогательного угла в плане, а также подсчитанное почти нулевое значение вспомогательного переднего угла $\gamma_{\text{всп}}$ способствует тому, что эти контактные напряжения в большей степени распространяются в глубь металла за линией среза.

Известно, что с увеличением подачи возрастает длина вспомогательной режущей кромки резца, участвующей в процессе резания. Роль вспомогательной кромки в процессе образования стружки становится особо заметной, даже доминирующей, при отношении подачи к глубине резания больше единицы.

В таких случаях, согласно Ю. С. Шарину [2] и ряду других исследователей, изменение подачи будет вызывать изменение ширины среза, а изменение глубины резания—изменение толщины среза.

Исходя из этого, изменение подачи от 1,25 до 3 мм/дв. ход., при значении глубины резания $t=1$ мм, будет характеризовать не изменение толщины среза, а изменение ширины среза. При таком изменении ширины среза (от 1,25 до 3 мм/дв. ход.) глубина наклепа обработанной поверхности (т. е. в данном случае и поверхности резания) при обработке стали Ст. 3, по нашим данным, возрастает от 590 до 758 μk .

С другой стороны, увеличение ширины среза, как изложено выше, совершенно не влияет на глубину наклепа поверхности резания при обработке той же стали.

Следовательно, при увеличении подачи упрочнение за линией среза металла характеризует не общее возрастание длины главной и вспомогательной режущих кромок, а увеличение толщины среза, способствующее в большей степени распространению зоны пластической деформации в глубь металла, перед передней поверхностью резца.

Следует отметить, что даже при отношении подачи к глубине резания меньше единицы, с увеличением подачи возрастание длины вспомогательной режущей кромки можно уподобить возрастанию ширины среза.

Таким образом, толщина среза является одним из активных физических параметров процесса резания, оказывающая весьма интенсивное влияние на характеристики упрочнения обработанной поверхности.

Выше было сказано, что увеличение глубины резания приводит к некоторому возрастанию степени и глубины наклепа металла за линией среза. По-видимому, это объясняется возрастанием зоны действия (по вспомогательной режущей кромке) контактных удельных сил резания на передней поверхности резца и краевым эффектом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зорев Н. Н. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, 1956.
2. Шарин Ю. С. Об усадке стружки при изменении подачи и глубины резания в широких пределах. Уральский политехнический институт. Труды, сб. 50, 1956.