

ХАРАКТЕР ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ ШХ-15

Г. Л. КУФАРЕВ, Н. И. ХОВАХ

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

Одним из способов обеспечения высокой прочности, твердости и износостойкости деталей современных машин, работающих при постоянно возрастающих скоростях и нагрузках, является применение закаленных конструкционных сталей.

Стремление заменить малопроизводительный процесс шлифования обработкой закаленных деталей при помощи твердосплавного режущего инструмента вызывает интерес к этой проблеме у многих исследователей и производителей. К этому следует добавить, что точение закаленной стали резцами дает качество поверхности, в целом ряде случаев, не уступающее обработке абразивным инструментом.

Подавляющее большинство исследователей обработки закаленных сталей посвятили свои работы выбору геометрии заточки и марки твердого сплава инструмента, режимов резания, обеспечивающих приемлемую стойкость резца.

Целью настоящей работы явилось выяснение характера износа и его влияния на силы резания, усадку стружки, температуру резания и длину площадки контакта стружки с резцом в зависимости от скорости резания, подачи и твердости стали ШХ-15, полученной соответствующей термической обработкой.

Опыты проведены на токарно-винторезном станке 163 резцами с механическим креплением пластинки твердого сплава Т15К6.

Геометрия инструмента была выбрана следующая: передний угол $\gamma = 0^\circ$, задние углы $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$, главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 15^\circ$, угол наклона режущей кромки $\lambda = 0^\circ$, радиус закругления вершины резца $r = 0,6$ мм.

Исследования Н. С. Логак [1] показали, что при точении закаленных сталей оптимальной геометрии резца общей для всего диапазона твердостей ($30 \div 60$ HRC) не существует. Во всех наших опытах указанная выше геометрия оставалась постоянной, что позволило исключить ее влияние на исследуемые величины.

Измерение сил резания производилось при помощи трехкомпонентного упруго-электрического динамометра с регистрацией сил самописцами типа БВ-662 завода «Калибр» [2].

Температура резания измерялась методом естественной термопары. Величина износа резца по задней грани « δ » и размеры площадки контакта стружки с передней поверхностью инструмента « l_k » и « f_k » измерялись при помощи микроскопа «Мир-2».

В качестве обрабатываемого материала использовалась отожженная сталь ШХ-15, имеющая твердость $HB = 192 \text{ кг/мм}^2$ и втулки из той же стали, закаленные до твердости $HB = 300, 400, 500 \text{ кг/мм}^2$.

Износ инструмента. Характерной особенностью износа резца при точении стали ШХ-15 является интенсивный износ по передней поверхности с образованием лунки. Износ по задней грани протекает со значительно меньшей интенсивностью.

Размеры лунки и фаски износа по задней поверхности резца определяются продолжительностью работы инструмента, режимами резания и твердостью обрабатываемого материала.

Поломка резца чаще всего наблюдалась в момент выхода лунки на режущую кромку инструмента при сравнительно небольшой величине износа по задней грани, допускающего еще в иных случаях дальнейшую работу резца. В следующий, после выкрашивания режущей кромки, момент износ по задней грани резко и почти мгновенно возрастает (рис. 1).

С увеличением твердости закаленной стали интенсивность износа по задней грани растет (рис. 1). Однако, следует заметить, что при точении сырой стали ШХ-15 интенсивность износа резца по задней грани выше, чем при обработке стали твердостью $HB = 300 \text{ кг/мм}^2$. При точении этой стали износ по задней грани достиг величины $0,15 \text{ мм}$ за время двадцатиминутной работы резца. При дальнейшей работе рост износа по времени чрезвычайно мал и за время $T = 68 \text{ мин.}$ достиг $0,17 \text{ мм.}$

При точении стали твердостью $HB = 500 \text{ кг/мм}^2$ на тех же режимах резания ($V = 110 \text{ м/мин}$, $S = 0,222 \text{ мм/об}$, $t = 2 \text{ мм}$) износ по задней грани происходит быстро и достигает величины $0,15 \text{ мм}$ в течение $0,4 \text{ мин.}$ (рис. 1). При дальнейшей работе интенсивность износа уменьшается, но в значительно меньшей мере, чем при обработке более мягкой стали.

Зависимость износа инструмента по задней грани от скорости резания и подачи при точении закаленной стали ШХ-15 не отличается от аналогичных зависимостей для термически необработанных сталей. Рост скорости резания и подачи увеличивает интенсивность и величину износа резца по задней грани.

Как указывалось выше, износ по передней поверхности инструмента протекает с образованием лунки. Лунка образуется, отступив от режущей кромки на определенную величину, образуя фаску, ширина которой f_k совместно с длиной площадки контакта (l_k) характеризует износ инструмента по передней грани.

Влияние твердости обрабатываемого материала на величины l_k и f_k представлено на рис. 2. Длина контакта стружки с резцом непрерывно растет с ростом износа инструмента по задней грани. Интенсивность роста длины контакта тем больше, чем больше твердость обрабатываемого материала.

При обработке сырой стали ШХ-15 рост l_k незначителен по величине и начинается после довольно продолжительного времени работы резца. Начальная длина площадки контакта, соответствующая работе острым резцом, тем меньше, чем больше твердость стали [3].

Начальная длина контакта, соответствующая работе острозаточенным резцом, при точении закаленных сталей со скоростями резания $V = 80 \text{ м/мин}$, 110 м/мин , 140 м/мин почти совпадает, сохраняя тенденцию уменьшения длины контакта с ростом скорости резания.

По мере роста износа по задней грани эта закономерность остается справедливой для скоростей резания $V = 80 \text{ м/мин}$ и $V = 110 \text{ м/мин}$. Для скорости резания $V = 140 \text{ м/мин}$ в случае резания стали

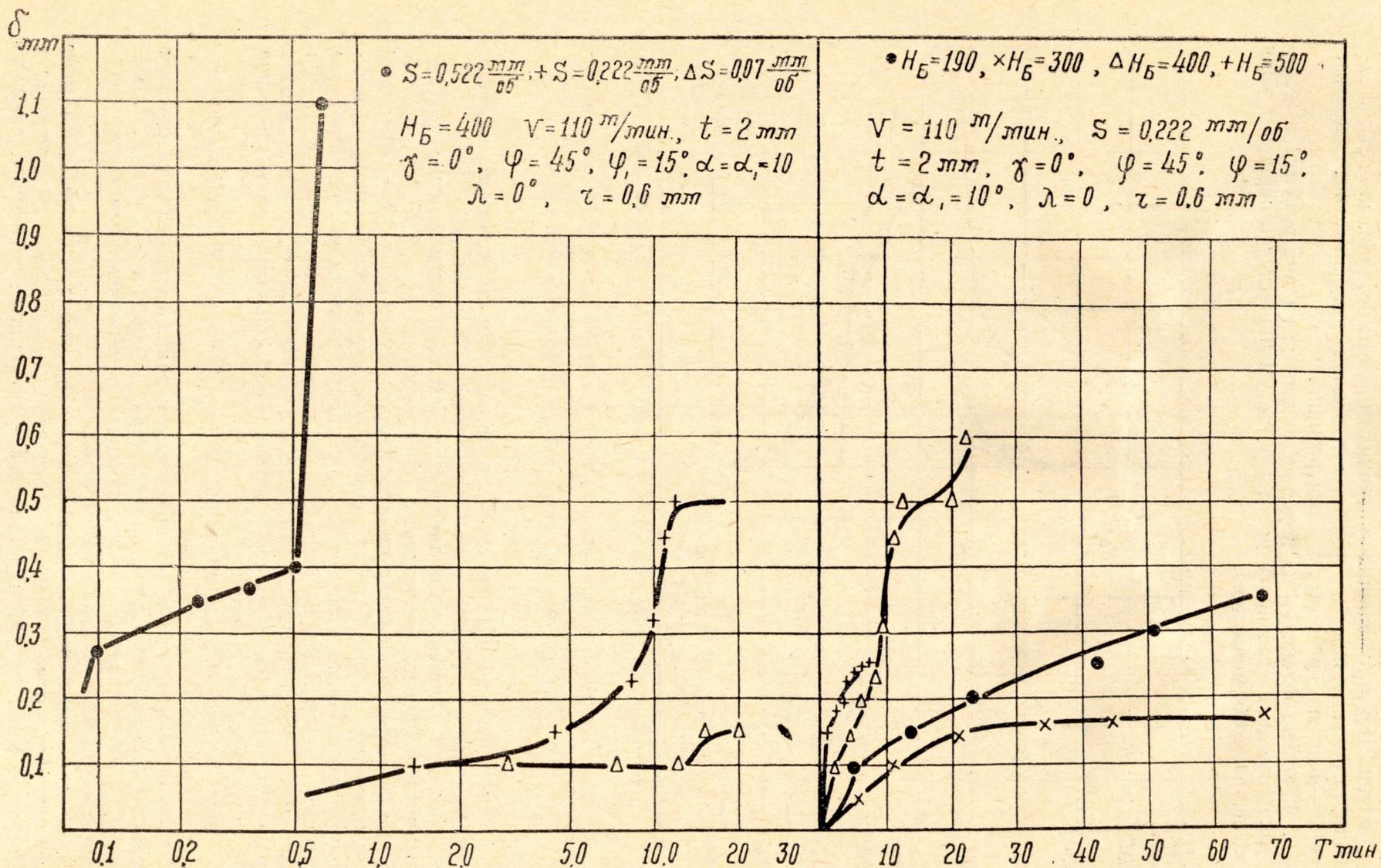


Рис. 1 Зависимость износа резца по задней грани от времени работы, подачи и твердости стали.

$H_B = 400 \text{ кг/мм}^2$ при $\delta \geq 0,15 \text{ мм}$ длина площадки контакта оказывается больше, чем при меньших значениях скорости резания, за счет интенсивности роста износа по задней и передней поверхностям, который увеличивается с ростом скорости резания.

Величина фаски f_k на передней поверхности инструмента с увеличением продолжительности работы резца уменьшается в первый период резки, а затем медленнее.

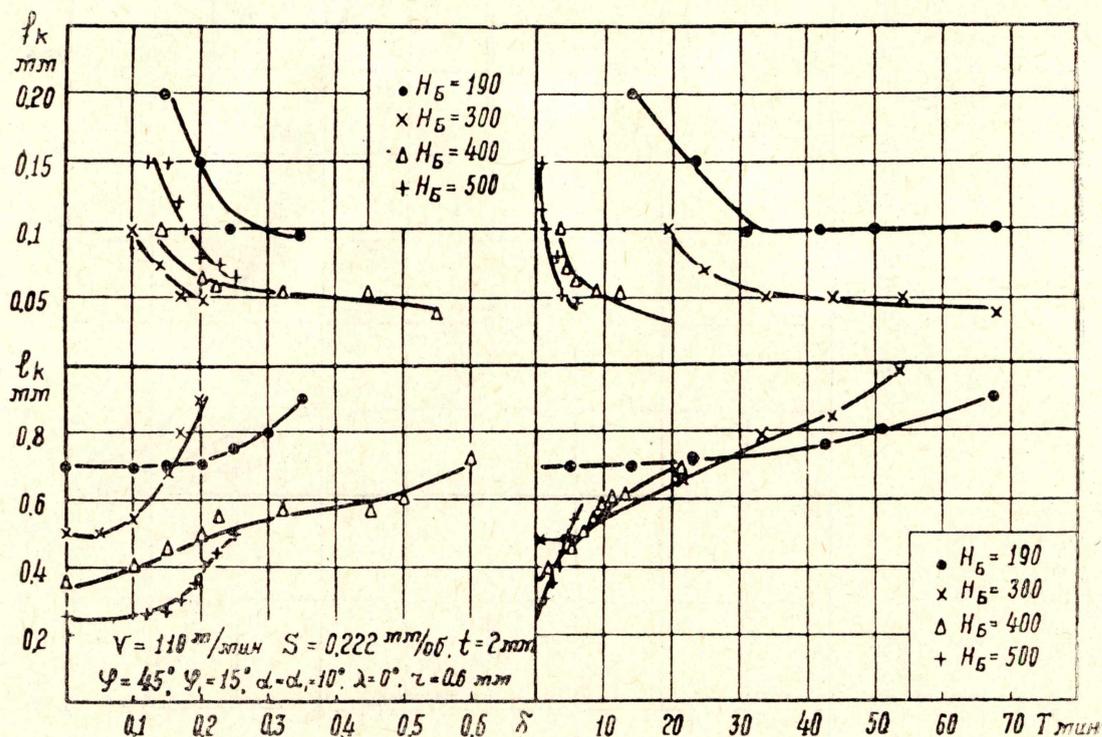


Рис. 2 Зависимость длины площадки контакта стружки с передней гранью резца и фаски на передней грани от времени работы и износа инструмента по задней грани при точении закаленной до разной твердости стали.

Чем мягче обрабатываемый материал, тем зависимость размера фаски от времени выражается более пологой кривой (рис. 2).

Так, при точении стали твердостью $H_B = 190 \text{ кг/мм}^2$ после тридцатиминутной работы инструмента (соответственно $\delta = 0,25 \text{ мм}$) уменьшение размера фаски прекращается. При точении стали $H_B = 500 \text{ кг/мм}^2$ уменьшение f_k происходит непрерывно и быстротечно. Начальная величина фаски уменьшается с ростом скорости резания и увеличивается с ростом подачи. Эта зависимость справедлива для всего диапазона твердости обрабатываемых материалов. Образование лунки износа происходит тем быстрее, чем тверже обрабатываемая сталь, больше подача и скорость резания.

При достижении размера фаски $f_k \leq 0,03 \div 0,04$ происходит выкрашивание режущей кромки.

Интересно заметить, что при точении закаленной стали с течением времени работы резца изменяется характер сходящей стружки. Изменение вида сходящей стружки связано с изменением геометрии передней поверхности резца по мере ее износа.

В начальный период работы стружка сходит лентой, а по мере увеличения лунки на передней поверхности инструмента переходит в винтовую спираль, затем в плоскую спираль и, наконец, стружка

дробится на отдельные мелкие завитки. Изменение вида сходящей стружки по мере износа резца происходит при точении стали ШХ-15, закаленной до твердости $H_B = 300, 400, 500 \text{ кг/мм}^2$.

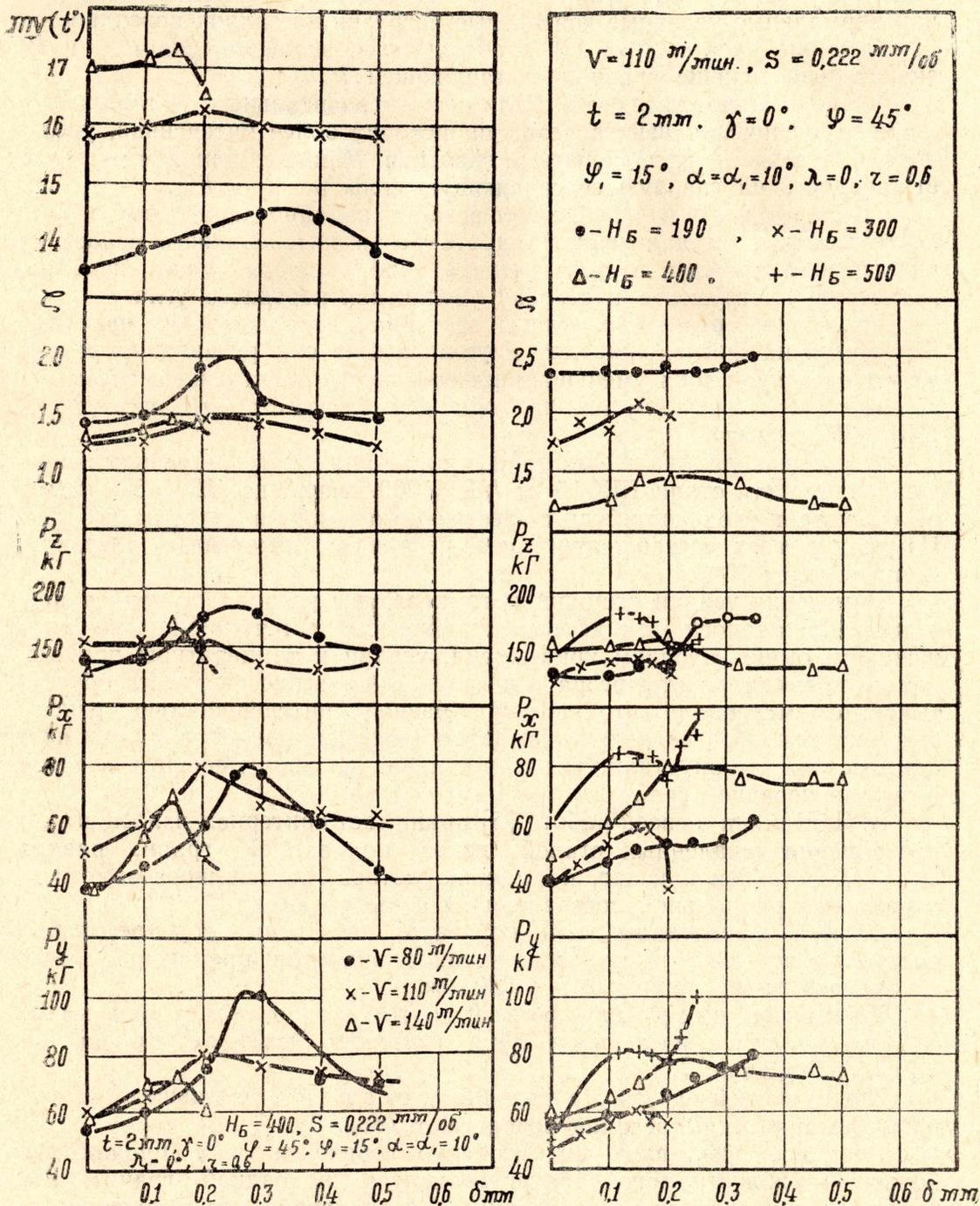


Рис. 3 Зависимость сил резания, усадки стружки и температуры резания от износа резца по задней грани, от твердости обрабатываемого материала и скорости резания.

Влияние твердости на силы резания и усадку стружки. При точении закаленных сталей изменение всех составляющих сил резания, усадки стружки и температуры резания от износа резца по задней грани происходит по горбообразным кривым (рис. 3).

В начальный период работы износ инструмента идет в основном только по задней грани резца, что и вызывает рост всех составляющих сил резца. Рост износа инструмента по задней грани вызывает гораздо большее увеличение радиальной P_y и осевой P_x составляющих, так как нормальные удельные контактные нагрузки на задних поверхностях всегда выше касательных [4], а абсолютные значения сил P_y и P_x значительно меньше главной составляющей P_z .

С увеличением твердости стали рост горизонтальных составляющих по мере увеличения износа резца происходит более интенсивно, увеличиваются также и их абсолютные значения. Меньшее влияние оказывает твердость на главную составляющую силы резания P_z .

Последующее уменьшение сил резания вызвано характером износа инструмента. При дальнейшей работе резца интенсивность износа по задней грани падает, в свою очередь образующаяся лунка изменяет геометрию инструмента в сторону увеличения переднего угла.

Увеличение переднего угла и застойная зона, которая, вероятно, образуется на фаске, приводят к уменьшению сил резания. Образующаяся застойная зона уменьшает интенсивность роста износа по задней грани, а в некоторых случаях приводит даже к его стабилизации (рис. 1. $HV = 300 \text{ кг/мм}^2$).

Как показали наши опыты [3], проведенные острым резцом, изменение твердости стали ШХ-15 от $HV = 200 \text{ кг/мм}^2$ до $HV = 500 \text{ кг/мм}^2$ не оказывает сколько-нибудь существенного влияния на силы резания. Изменение всех составляющих сил резания с изменением твердости не превышает 15%.

Изменение усадки стружки и температуры резания от износа происходит по аналогичным кривым и обуславливается причинами, изложенными выше. Перелом кривых сил, усадки и температуры происходит по времени работы резца тем скорее, чем выше твердость обрабатываемого материала, что вызвано разной интенсивностью износа. Отсутствие горбов на кривых, выражающих зависимость сил от износа при точении сырой стали, объясняется значительно меньшим износом резца по передней грани.

А. Я. Малкин в своей работе [5] принимает критерием износа резцов при точении закаленных сталей износ по задней грани, равный $0,8 \div 1,0 \text{ мм}$. Такой износ, по мнению автора, не вызывает заметного повышения радиальной составляющей силы резания.

Опыты, проведенные нами, показали, что рост горизонтальных составляющих уже имеет существенное значение при износе резца по задней грани, равном $0,15 \div 0,20 \text{ мм}$.

Влияние скорости резания на основные параметры процесса резания при разном износе резца по задней грани.

При точении закаленных сталей с уменьшением скорости резания силы резания возрастают (рис. 3).

Рост всех составляющих, особенно горизонтальных, проявляется больше (в области преобладающего износа по задней грани) при больших значениях скорости резания. Увеличивающаяся интенсивность износа по передней грани с ростом скорости резания является причиной смещения максимума кривых в сторону меньшего значения износа по задней грани, т. е., чем больше скорость резания, тем перегиб кривых наступает при меньшей продолжительности работы резца.

Изменение усадки стружки и температуры резания с ростом износа инструмента по задней грани протекает по кривым, аналогичным изменению сил резания. Причем максимальные значения усадки и температуры соответствуют тому же значению износа резца δ , при котором и силы резания имеют свои максимальные значения.

При точении сырой стали горбообразная кривая имеет место только при скорости резания $V = 175 \text{ м/мин}$. При меньших значениях скорости резания существенный рост имеют только горизонтальные составляющие силы резания. Характер кривых показывает, что в данном случае износ инструмента по задней грани имеет преобладающее значение.

Влияние скорости резания на силы резания при наличии износа инструмента не имеет четкой зависимости, характерной для работы острым резцом.

Температура резания растет с ростом износа, но при наличии максимума на кривых $P_z, P_x, P_y = f(\delta)$ ($V = 175 \text{ м/мин}$) зависимость $t^0 = f(\delta)$ имеет также максимум при том же значении износа по задней грани.

Влияние подачи на основные параметры процесса резания закаленной стали. При точении закаленных сталей горбообразный характер кривых зависимости основных параметров процесса резания от износа имеет место на всех исследуемых значениях подачи.

Максимумы кривых с увеличением подачи отодвигаются в область больших значений износа δ соответственно росту интенсивности износа с ростом подачи.

При работе изношенным резцом радиальная составляющая силы резания P_y превосходит осевую P_x .

В случае точения с подачей $S = 0,522 \text{ мм/об}$ при износе резца $\delta = 0,4 \text{ мм}$ произошел скол режущей кромки, что привело к мгновенному росту износа инструмента по задней грани от $\delta = 0,4 \text{ мм}$ до $\delta = 1,1 \text{ мм}$. Поскольку выкрашивание режущего лезвия произошло в момент регистрации сил резания, представилась возможность зафиксировать последние при износе резца $\delta = 1,1 \text{ мм}$. При таком износе обе горизонтальные составляющие силы резания оказались большими, чем главная составляющая P_z .

Краткие выводы

1. При точении закаленной стали ШХ-15 износ резца происходит как по задней, так и по передней поверхностям. В начальный период износ более интенсивный по задней поверхности, в последующий — по передней грани.

2. Поломка резца происходит в результате выхода образовавшейся на передней поверхности лунки износа на режущую кромку при сравнительно небольшом износе инструмента по задней грани.

3. Изменение всех составляющих сил резания, усадки стружки и температуры резания с увеличением износа резца по задней грани происходит по горбообразным кривым. Рост горизонтальных составляющих P_x и P_y имеет преобладающее значение в сравнении с ростом главной составляющей P_z . Значительное возрастание составляющих P_x и P_y обнаруживается уже при $\delta = 0,15 \div 0,2 \text{ мм}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. С. Логак. Тонкое точение закаленных сталей. Сб. Чистовая обработка конструкционных металлов, Машгиз, 1951.
2. А. М. Розенберг, Н. И. Ховах, В. И. Лившиц. Токарный динамометр для измерения усилий до 2 тонн. Станки и инструмент, № 9, 1964.
3. Н. И. Ховах. Влияние твердости стали ШХ-15 на процесс стружкообразования. Изв. ТПИ, том 147, 1966.
4. Н. Н. Зорев. Силы резания при точении закаленных сталей. ИТЭИ АН СССР, 1955.
5. А. Я. Малкин. Скоростное точение закаленных сталей. Сб. Скоростная обработка металлов резанием, Оборонгиз, 1951.