

## ВЛИЯНИЕ ТВЕРДОСТИ СТАЛИ ШХ-15 НА ПРОЦЕСС СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ

Н. И. ХОВАХ

(Представлена научным семинаром кафедры станков и резания металлов)

Достаточно широкое применение получило в настоящее время точение закаленных сталей твердосплавным инструментом взамен малопродуктивного процесса шлифования. Изучению закономерностей процесса резания закаленной до разной твердости стали ШХ-15 и посвящена настоящая работа.

Исследование проводилось на токарно-винторезном станке модели 163. В качестве заготовок для обработки использовались втулки, наружный, внутренний диаметр и длина которых выбраны таким образом, чтобы прокаливаемость их была по всему объему заготовки. Соответствующей термической обработкой были получены втулки твердостью  $H_B = 200; 250; 300; 350; 400; 500$ . Твердость измерялась прессом Бригнеля после каждых 2—3-х проходов. Установка заготовок на станке производилась на оправке, которая в свою очередь устанавливалась в патроне и встроенном вращающемся центре задней балки.

В процессе опыта регистрировались все три составляющие силы резания, температура резания, длина площадки контакта стружки с резцом, рассчитывалась усадка стружки.

Измерение сил резания производилось при помощи малоинерционного трехкомпонентного упруго-электрического динамометра с индуктивными датчиками. Запись значений сил производилась самописцами БВ-662 завода «Калибр», электрическая схема которых была несколько изменена, что обеспечило отсутствие дрейфа нуля и большую стабильность записей.

Динамометр (рис. 1) устанавливается на поперечных салазках суппорта станка и представляет собой сварную конструкцию, состоящую из 3-х основных деталей. Упругими элементами динамометра являются ребра 1, 3 и перемычки 2, деформация которых составляющими силы резания (соответственно  $P_z, P_x, P_y$ ) регистрировалась установленными определенным образом датчиками.

Температура резания измерялась методом естественной термопары. Длина площадки контакта стружки с резцом измерялась лупой Бригнеля с 24-кратным увеличением и ценой деления 0,05 мм. Опыты проводились в широком диапазоне скоростей от 5 м/мин до 180 м/мин. Подачи изменялись от 0,056 мм/об до 0,708 мм/об. Глубина резания оставалась постоянной и равной 2 мм. В качестве режущего инструмента использовались резцы с механическим креплением пластинки твердого сплава Т15К6. Геометрия инструмента оставалась постоянной за исключением переднего угла  $\gamma$ , значения которого были приняты  $+10^\circ; 0$ ;

—10°. Остальные геометрические параметры реза были следующие: задний главный и вспомогательные углы  $\alpha = \alpha_1 = 8^\circ$ , главный угол в плане  $\varphi = 75^\circ$ , вспомогательный игол в плане  $\varphi = 15^\circ$ , угол наклона режущей кромки  $\lambda = 0^\circ$ , радиус закругления вершины реза  $r = 0,3$  мм. Резание проводилось остро заточенным резцом с доводкой пастой кар-

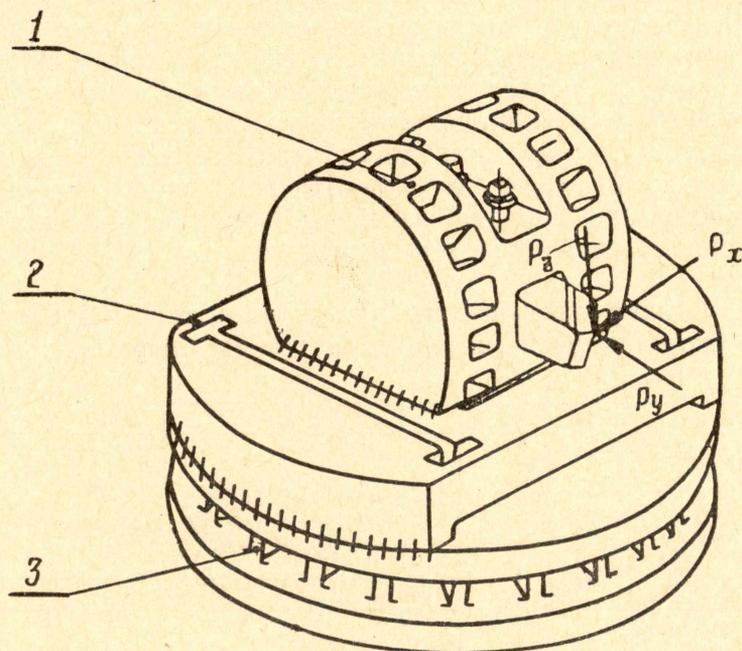


Рис. 1

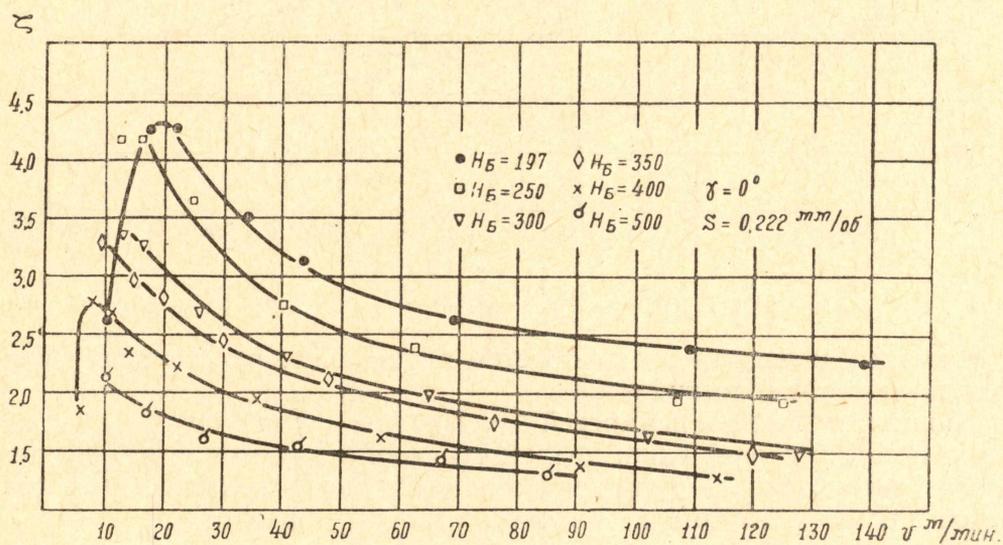


Рис. 2.

бида бора после каждого опыта. Контроль качества режущих лезвий инструмента производился лупой Бринеля.

В описываемых ниже опытах усадка стружки определялась весовым методом. На рис. 2 представлена зависимость усадки стружки от скорости резания, полученная при точении закаленной до разной твердости стали ШХ-15 резцом с передним углом  $\gamma = 0^\circ$ . Изменение усадки

стружки с ростом скорости резания протекает по типичным кривым, характерным для резания и других металлов, не прошедших термическую обработку. Эта зависимость усадки стружки от скорости резания сохраняется для всех твердостей, включая испытуемые заготовки, имеющие довольно высокую твердость  $H_B=500$ . Существенные изменения претерпевает усадка стружки в зависимости от твердости обрабатываемой стали. С увеличением твердости усадка закономерно уменьшается, причем эта закономерность не нарушается во всем диапазоне изменения скорости резания. Характер изменения усадки стружки от твердости остается тем же для всех значений подач в пределах от  $S=0,056$  мм/об до  $S=0,708$  мм/об и не изменяется при резании резцами, имеющими передние углы  $\gamma=10^\circ$  и  $\gamma=-10^\circ$ . Хотя усадка стружки с пластичностью материала связана косвенно, однако уменьшение усадки можно объяснить уменьшением пластичности стали ШХ-15 с увеличением ее твердости.

На рис. 3 дана зависимость длины площадки контакта стружки с резцом от скорости резания. Как следует из графика, длина площад-

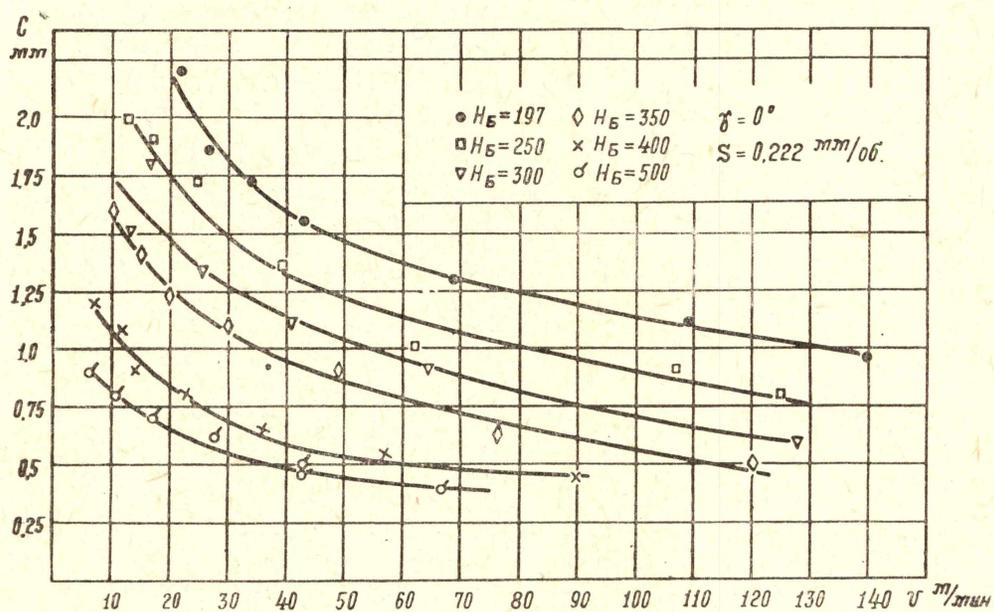


Рис. 3

ки контакта монотонно уменьшается с увеличением скорости резания и увеличением твердости стали.

Сопоставление зависимостей  $\xi = f(v)$  и  $c = f(v)$  позволяет сделать вывод о том, что изменения усадки стружки и длины площадки контакта связаны между собой, причем эта зависимость и характер ее сохраняется для всех, имеющих разную твердость, образцов.

Л. М. Резницкий в своей работе [2], говоря об изменении сил резания от скорости при точении легированной хромоникелевой молибденовой стали, закаленной до твердости  $H_{Rc} = 49$  резцом, имеющим передний угол  $\gamma = -5^\circ$  при  $t = 2,41$  мм и  $S' = 0,395$  мм/об, пишет, что с увеличением скорости резания в пределах от 5 до 50 м/мин „сила  $P_z$  закономерно уменьшается, в то же время силы  $P_x$  и  $P_y$  не изменяются с изменением скорости резания“.

В наших опытах (рис. 4, 5, 6) мы наблюдали закономерное изменение всех трех составляющих сил резания  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $P_y$  от скорости

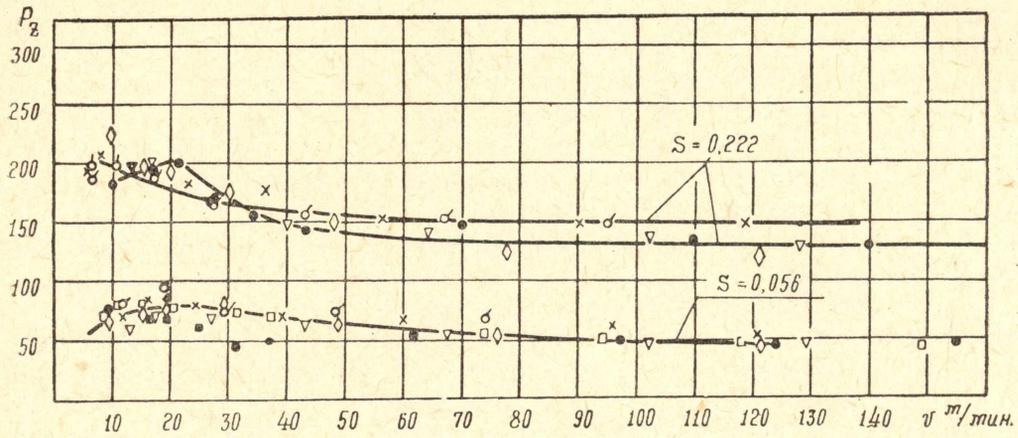


Рис. 4

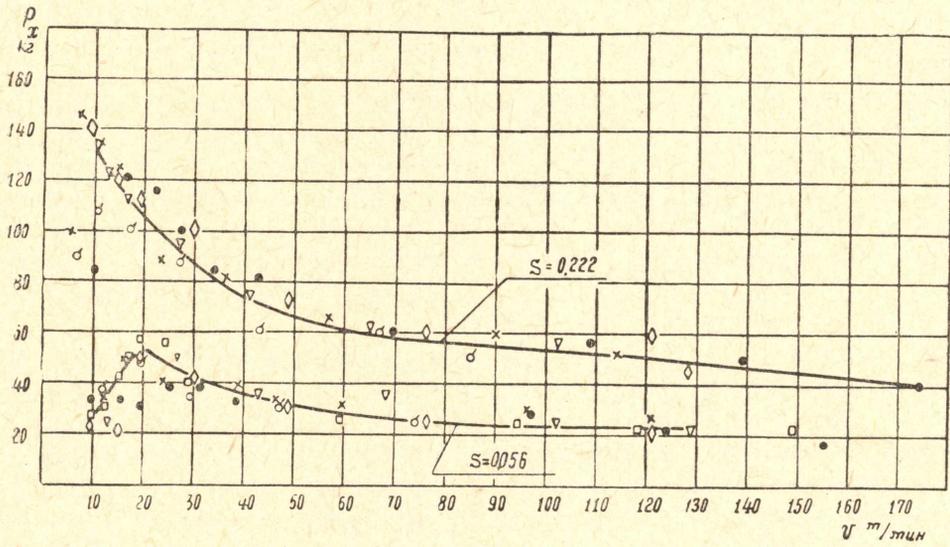


Рис. 5

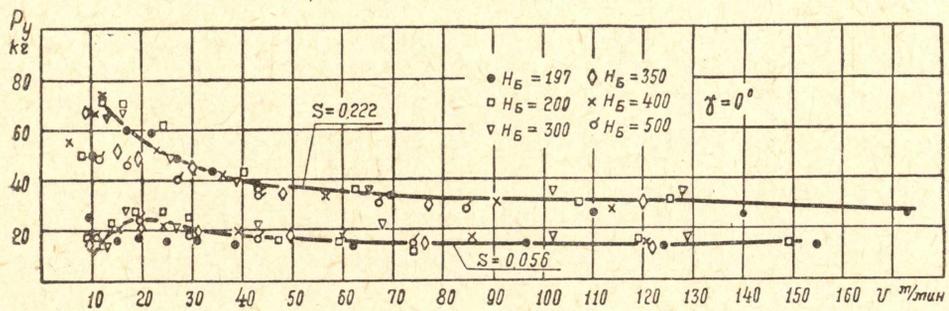


Рис. 6

резания, причем характер зависимости сил от скорости не изменяется с изменением твердости стали и не отличается от известного для точения термически не обработанных сталей.

Указанная закономерность остается в силе в вышеприведенных пределах подач и передних углов резца.

Особенно интересным, на наш взгляд, является то, что изменение твердости стали в столь широком диапазоне не оказывает сколько-нибудь существенного влияния на силы резания.

В указанной выше работе Л. М. Резницкого с изменением твердости стали от  $H_B = 146$  до  $H_B = 600$  составляющие силы резания  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  увеличиваются соответственно в 9,9; 8,8 и 2,55 раз. Так как резание сырых сталей проводилось резцом с передним углом  $\gamma = +20^\circ$ , а закаленных — с углом  $\gamma = -5^\circ$ , то результаты вообще не сравнимы, однако столь большое увеличение силы автор объясняет не только уменьшением переднего угла, но и более высокой твердостью обрабатываемого материала.

Как показали наши опыты, изменение всех составляющих сил резания с изменением твердости не превышает 15%.

В работах многих исследователей [3, 4, 5, 6] показано, что сила резания зависит не только от размеров сечения среза, геометрии режущего инструмента и прочностных характеристик обрабатываемого материала, а является также функцией деформации стружки, т. е. усадки стружки.

Увеличение твердости стали, полученной в результате ее термической обработки, и, следовательно, увеличение ее предела прочности  $\sigma_B$  должно повлиять на значение сил резания в сторону их увеличения, а уменьшающаяся усадка с увеличением твердости обрабатываемого материала окажет обратное влияние на силы. Взаимная компенсация этих, противоположно влияющих на силу резания, факторов и является причиной отсутствия роста сил с увеличением твердости обрабатываемых образцов, обнаруженной нашими опытами.

Результаты наших опытов совпадают с точкой зрения Н. Н. Зорева [4], который считает, что для скоростей резания, характерных для твердого сплава, влияние свойств обрабатываемого материала на удельную работу стружкообразования и силы резания очень мало.

При точении закаленных сталей, указывает Л. М. Резницкий [2], относительное значение  $P_x$  и  $P_y$  значительно возрастает по сравнению с обработкой обычной стали. Так, по данным Л. М. Резницкого, при токарной обработке стали  $H_{RC} = 59$  соотношения составляющих сил резания для разных глубин и подач колеблются в пределах  $P_x:P_z = 0,51 \div 0,81$ ;

$$P_y:P_z = 0,76 \div 2,42.$$

Как показали наши исследования, соотношения осевой и радиальной составляющей силы резания с главной (с учетом угла в плане резца) не выходят за пределы соотношений характерных для обработки не закаленных сталей и для описанных выше опытов равны

$$P_x:P_z = 0,42 \div 0,45; \quad P_y:P_z = 0,22 \div 0,25.$$

При резании закаленных до высокой твердости сталей износ резца по задней грани протекает более интенсивно и проявляется даже при сравнительно небольшой продолжительности динамического опыта. Влияние износа резца в первую очередь и больше всего ведет к увеличению радиальной и осевой составляющих силы резания, а ввиду инерционности приборов, регистрирующих силы резания

(гидравлический динамометр), Л. М. Резницкому не удалось, вероятно, записать силы до наступления износа, величина которого была достаточной для существенного роста  $P_x$  и особенно  $P_y$ .

Относительно большие значения силы  $P_y$  получены при обработке закаленных сталей и в опытах Н. Н. Зорева [4]. Но эти опыты не опровергают наших выводов, так как опыты Н. Н. Зорева проведены с затупленным резцом.

На рис. 7 и 8 показаны зависимости нормальной  $N_1$  и касательной  $F_1$  сил, действующих на задней поверхности инструмента от усадки стружки, найденные методом экстраполяции силовых зависимостей на нулевую толщину среза. Данные наших опытов относятся к точению острозаточенным резцом.

Если силы резания, измеренные динамометром, как показано выше, почти не изменяются в зависимости от твердости обрабатываемого материала, то силы, действующие на задней грани инструмента, как следует из приведенных графиков, все время растут по мере роста твердости. Так, например, при усадке стружки  $\xi=2,5$  нормальная сила возрастает в 2,5 раза, а касательная — в 4,5 раза. С увеличением усадки стружки силы  $N_1$  и  $F_1$  закономерно растут, причем эта закономер-

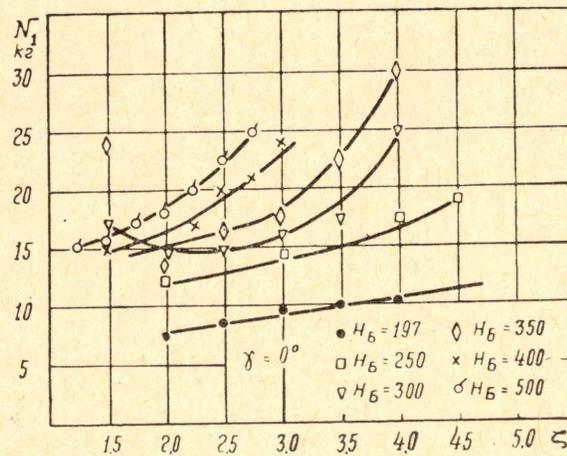


Рис. 7

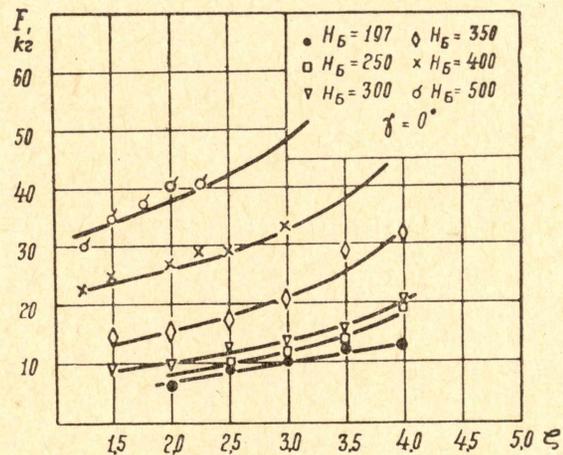


Рис. 8

ность остается справедливой для всех твердостей обрабатываемого материала.

В заключение следует отметить, что все описанные выше зависимости сохраняются и при резании резцами с передними углами  $\gamma=+10^\circ$  и  $\gamma=-10^\circ$ .

Увеличение твердости обрабатываемого материала от  $H_B=197$  и до  $H_B=500$  не изменяет характер влияния самого переднего угла на параметры процесса резания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Розенберг, Н. И. Ховах, В. И. Лившиц. Трехкомпонентный токарный динамометр для тяжелых станков. Сборник рационализаторских предложений, № 12 ЦИНИэлектропром. М., 1963.
  2. Л. М. Резницкий. Точение закаленных сталей. Лениздат, 1951.
  3. А. М. Розенберг, А. Н. Еремин. Элементы теории процесса резания металлов, Машгиз, 1956.
  4. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, 1956.
  5. Т. Н. Лоладзе. Структурообразование при резании металлов, Машгиз, 1952.
  6. Т. Н. Лоладзе. О некоторых явлениях при структурообразовании. Труды Грузинского политехнического института, Тбилиси, 1949.
-