

## О СИЛАХ НА ГОЛОВКАХ ОДНОСТОРОННЕГО РЕЗАНИЯ ДЛЯ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ

Д. В. КОЖЕВНИКОВ, А. В. ВОДОПЬЯНОВ

(Представлена объединенным научным семинаром кафедры станков и резания металлов  
и кафедры технологии машиностроения)

За последние годы в производстве для сверления глубоких отверстий нашли широкое применение твердосплавные сверла одностороннего резания с наружным подводом смазочно-охлаждающей жидкости и внутренним отводом стружки (рис. 1). Формирование обработанной поверхности при работе этими сверлами осуществляется за счет двух тесно связанных между собой процессов резания и пластического деформирования.

Характер протекания этих процессов зависит от сил резания на режущих кромках сверла и сил трения на направляющих. Поэтому изучение этих сил имеет большое значение как для анализа качества поверхности отверстия, так и настройки операции. Ввиду сложности этого процесса непосредственно при сверлении невозможно определить раздельно силы на режущих кромках и направляющих сверла. Динамометр позволяет регистрировать только суммарные силы, крутящий момент и осевую силу, включающие как силы резания, так и силы трения.

Был разработан метод, позволивший выделить силы резания из общих сил при глубоком сверлении и тем самым определить силы трения на направляющих сверла.

Суммарные силы измерялись при сверлении отверстий диаметром 35 мм на глубину 400 мм в стали 45 при скоростях резания  $V = 88$  — 137 м/мин и подачах  $S = 0,1 \div 0,15$  мм/об.

Силы резания определялись отдельно при свободном сверлении втулок и прутков различными участками режущих кромок сверла с помощью специальной динамометрической установки (рис. 2), уста-

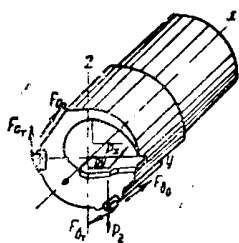


Рис. 1

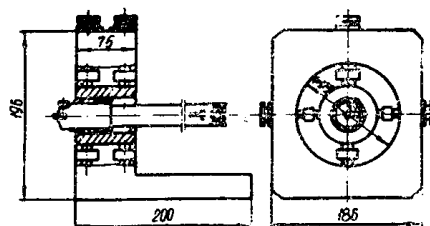


Рис. 2

новленной на токарном станке 1К62. Это позволило также выяснить закономерности изменения сил резания на каждом участке режущей

кромки и распределение их по ее длине в зависимости от режимов резания, геометрии заточки и износа сверла. Измерение сил резания проводилось на тех же режимах, что и при глубоком сверлении. В качестве примера на рис. 3 приведено распределение сил по длине кромки при различном числе оборотов.

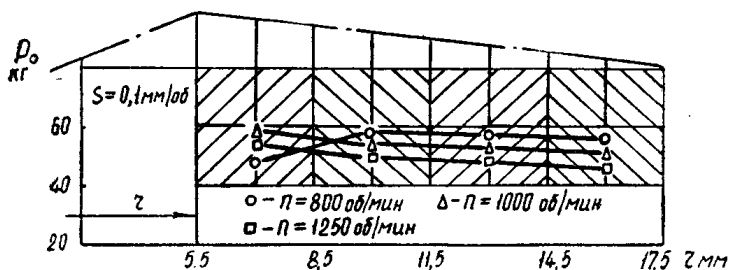


Рис. 3

Результаты измерения суммарных сил при глубоком сверлении представлены на рис. 4. Как видно из рис. 4, а, на котором приведены данные по осевой силе и крутящему моменту, значения сил при  $n = 800$  об/мин и  $S = 0,1$  мм/об отличаются от сил при  $n = 1000, 1250$  об/мин. Так, при  $n = 800$  об/мин имеет место значительное колебание сил. Запись на осциллографе показала, что эти колебания носят низкочастотный характер. С увеличением скорости резания колебание сил исчезает, а значения осевой силы и крутящего момента практически не отличаются от минимальных значений их при  $n = 800$  об/мин. При сверлении с большей подачей  $S = 0,15$  мм/об (рис. 4 б) колебание сил также отсутствует, и силы при  $n = 800$  и  $1000$  об/мин практически одинаковы.

Поскольку силы резания во время сверления оставались практически неизменными, что было определено при свободном сверлении втулок острозаточенным и изношенным сверлом, постольку можно считать, что колебание сил при глубоком сверлении связано с процессом трения на направляющих сверла. Процесс трения на направляющих протекает в сложных условиях, а именно: при больших нормальных нагрузках, скоростях и высоких температурах. Процесс трения при подобных условиях имеет много общего с трением скольжения. В последнем же случае, как установлено в работах [1, 2], при больших нагрузках и температурах происходит разрушение граничного слоя смазки

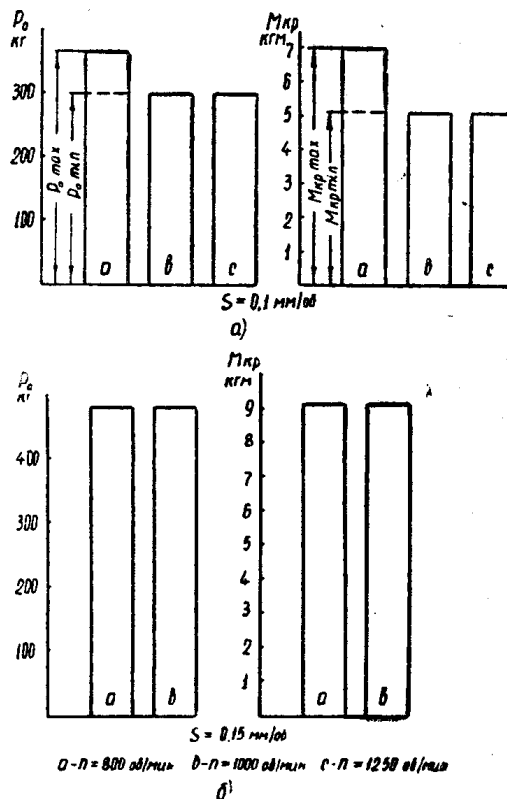


Рис. 4

в отдельных точках, и смазка, таким образом, не препятствует схватыванию и наростообразованию. Очевидно, эти процессы имеют место и при трении направляющих сверла и являются причиной возникновения колебания сил при определенных режимах работы.

После выделения сил резания из суммарных сил при глубоком сверлении были получены данные по силам трения на направляющих сверла. Как видно из диаграммы на рис. 5, силы трения в общем балансе сил весьма значительны и достигают в отдельных случаях 40%. С ростом скорости силы трения уменьшаются. Снижение сил трения, очевидно, связано с уменьшением коэффициента трения, а не со снижением нормальной нагрузки на направляющие сверла, потому что эти нагрузки, даже напротив, несколько возросли за счет увеличения сил резания с ростом скорости. Последнее видно из этой же диаграммы (рис. 5).

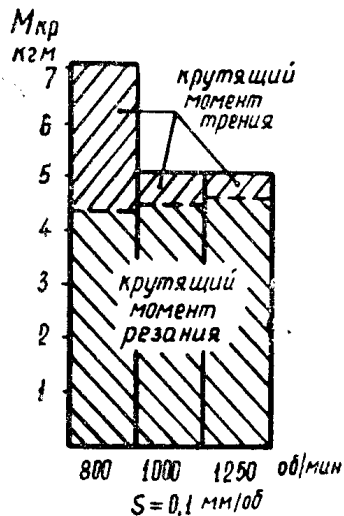


Рис. 5

В настоящее же время при расчете сил трения на направляющих сверла для глубокого сверления коэффициент трения принимается одинаковым при различных скоростях резания, равным 0,2 [3, 4]. Как видно из приведенных данных, это не соответствует действительному.

Вполне очевидно, что в другом диапазоне подач степень изменения сил трения с ростом скорости будет иной. Причем характер их изменения, как видно из рис. 5, в общем случае может не совпадать с характером изменения сил резания. Исходя из этого, можно считать, что закономерности изменения суммарных сил при изменении факторов режима резания при глубоком сверлении получаются весьма сложными.

Исследовалось также влияние на силы при глубоком сверлении конструкции направляющих. Опыты показали, что с уменьшением длины и увеличением обратной конусности направляющих силы практически не снижаются. Напротив, при этом вследствие интенсивного износа направляющих после сверления нескольких деталей наблюдается заметное увеличение сил, чего не имеется у сверл с длинными направляющими и малой обратной конусностью.

Некоторые авторы [5, 6] рекомендуют занижать диаметр по направляющим относительно диаметра по калибрующей фаске режущей кромки, что обеспечивает якобы значительное снижение крутящего момента.

Опыты со сверлами, имеющими различное диаметральное расположение направляющих относительно калибрующей фаски, показали, что при занижении диаметра по направляющим до 0,14 мм не наблюдалось снижения сил. Полученные результаты закономерны, поскольку в этом случае не изменялись практически ни силы резания на режущих кромках, ни силы трения на направляющих. Большое значение сил при расположении направляющих на одном диаметре с калибрующей фаской, которое описывается в работах [5, 6], связано, очевидно, с другими явлениями.

В первую очередь это связано со срезанием стружки направляющими сверла. Действительно, как показали наши опыты, направляющие могут выполнять функции режущих кромок и срезать стружку, если торцы их не закруглены. Это подтверждается осмотром доньшек отверстий.

Если направляющие срезают стружку, то осевая сила и крутящий момент резко увеличиваются (почти на 70%). В этом случае также ухудшается качество обработанной поверхности, и снижается стойкость сверл.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. В. Савицкий. Исследования пластических деформаций и свойств внешних слоев металлических тел при различных условиях трения. Докторская диссертация. Томск, 1959.
  2. Н. И. Резников, И. Г. Жарков, В. М. Зайцев, А. С. Казарин, Б. А. Кравченко, Ф. П. Урывский. Производительная обработка нержавеющей и жаропрочных материалов. Машгиз, 1960.
  3. Н. Д. Троицкий. Обработка глубоких отверстий. В сб.: «Прогрессивная технология машиностроения». Книга 41. Машгиз, 1956.
  4. Ю. М. Фридман. Производство и эксплуатация инструмента. Опыт уральских заводов. Вып. 7. Машгиз, 1955.
  5. В. Ю. Кацпельсон, Б. Г. Чижов. Производительный метод сверления глубоких отверстий. ЦИНТИ, обработка металлов резанием, вып. 12, тема 8, М—60—46/12, М., 1960.
  6. М. А. Минков. Технология изготовления глубоких точных отверстий. М.—Л., «Машиностроение», 1965.
-