

образуется отрицательный задний угол на режущей кромке и увеличиваются силы и температура резания.

При работе со скоростью меньше 20 м/мин стойкость сверла возрастает. При этом наблюдается увеличение площадки износа по задней поверхности у уголка и изнашивание самого уголка, вследствие чего образуется прямой конус на цилиндрической части сверла и становятся возможными заклинивание сверла в отверстии и его поломка.

Максимальный износ по задней поверхности у уголка для сверл диаметром 4...9 мм находится в пределах 0,8...1,2 мм.

За критерий затупления сверл из быстрорежущей стали следует принимать ширину площадки износа по задней поверхности у уголка $h_3 = 0,06d$ при работе со скоростью 25...30 м/мин и $h_3 = f$ при работе со скоростью менее 25 м/мин.

Оптимизация заднего угла α и угла при вершине 2φ производилась по методу крутого восхождения при скорости резания 30 м/мин, подаче 0,1 мм/об, глубине сверления, равной $3d$. На первом этапе использовался полный факторный план типа $N = 2^2$ и определялись коэффициенты уравнения регрессии. На втором этапе осуществлялось движение к оптимуму. Каждый опыт повторялся дважды. Для сверл из быстрорежущей стали Р6М5 при сверлении детали из порошкового материала ЖГр2 принята оптимальная геометрия $\alpha = 12^\circ$, $2\varphi = 125^\circ$, ЖГр1Д3 — $\alpha = 10...12^\circ$, $2\varphi = 115^\circ$.

Получена обобщенная стойкостная зависимость

$$T = \frac{10^{5,9} d^{4,6}}{v^{7,1} S^{2,7}} k_{MT},$$

где k_{MT} — коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала:

обрабатываемый материал	ЖГр2	ЖГр1Д3	ПЖ10-63	ЖГр1,2Д2,5К0,8
k_{MT}	1,2	1	1,3	1

Разбивка полученных сверлением отверстий не превышала 0,4 мм и уменьшалась по мере затупления сверла, а иногда, перед его поломкой, принимала отрицательные значения.

Развертывание отверстий в деталях из порошковых материалов производилось развертками из быстрорежущей стали с диаметрами 10 и 12 мм. Как и при обработке стали и чугуна, износ разверток достигает наибольшего значения в месте перехода режущей части в калибрующую. Нарастание износа по задней поверхности пропорционально времени работы развертки. При износе 0,2 мм, как правило, наблюдается возрастание микронеровностей обработанной поверхности, что вызвано образованием проточин на цилиндрических ленточках калибрующей части. Развертывание является окончательной операцией обработки отверстий, поэтому необходимо рекомендовать технологический критерий затупления, а именно износ по задней поверхности в месте перехода режущей части к калибрующей, равный 0,2 мм.

В результате сравнительных исследований работоспособности разверток при резании всухую, с маслом "Индустриальное-20" и с 10 %-ной эмульсией установлено, что при работе без СОЖ происходит их интенсивное изнашивание,

на обработанной поверхности образуются задиры, наволакивание металла; при работе с маслом изнашивание менее интенсивно, качество обработанной поверхности улучшается, но по-прежнему отмечается наволакивание металла и наростообразование на режущих кромках; использование в качестве СОЖ эмульсии на водной основе обеспечивает минимальную интенсивность изнашивания разверток и высокое качество обработанной поверхности.

Характер зависимости стойкости разверток от скорости резания и подачи при обработке деталей из порошковых материалов близок к известному для чугунов и сталей. При малых углах в плане стойкость разверток повышается. Это вызвано уменьшением толщины среза, в результате чего снижается температура в зоне резания и, соответственно, интенсивность изнашивания инструментов.

Зависимость параметров процесса развертывания от заднего угла незначительна; можно рекомендовать использовать развертки с задними углами $\alpha = 8...12^\circ$.

С применением разверток с кольцевой заточкой уменьшается высота микронеровностей поверхности на 20...40 %, однако стойкость таких разверток аналогична стойкости стандартных; их целесообразно использовать при окончательной обработке отверстий.

Получены зависимости износа разверток по задней поверхности: при обработке железистографитовых материалов

$$h_3 = 0,0044 v^{0,48} S_z^{0,53} d^{1,17} \tau^{0,56} k_{MT},$$

при обработке материала ШХ15Гр1,2

$$h_3 = 0,14 v^{0,29} S_z^{0,14} d^{0,009} \tau^{0,3}$$

и соответствующие стойкостные зависимости:

$$T_{h_3=0,2} = \frac{890}{v^{0,86} S_z^{0,93} d^{2,09}} k_{MT},$$

$$T_{h_3=0,2} = \frac{3,3}{v^{0,97} S_z^{0,47} d^{0,03}},$$

где k_{MT} — коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала (табл. 1).

Увеличение скорости резания и подачи вызывает интенсивное возрастание высоты микронеровностей обработанной поверхности. Здесь сказывается одновременно влияние как геометрического фактора (подачи), так и активизации процессов наростообразования. Эмпирические зависимости:

для железистографитовых материалов

$$Ra = 0,012 v^{0,75} S_z^{0,64} d^{1,91} k_{mRa};$$

для материала ШХ15Гр1,2

$$Ra = 0,016 v^{0,79} S_z^{0,78} d^{1,71},$$

Коэффициент	Марка материала				
	ПЖ10-63	ЖГр2	ЖГр1ДЗ	ЖГр1, 2Д2, 5К0,8	ШХ15Гр1,2
k_{MT}	1,1	1,1	1	0,6	—
k_{MRa}	0,7	0,9	1	1,7	—
$k_{M\delta}$	0,9	0,8	1	1,6	1,4

где k_{MRa} — коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала (см. табл. 1).

Зафиксировано изменение во времени параметров шероховатости обработанной поверхности (рис. 1). При возрастании скорости и интенсификации наростообразования, а также увеличении сил резания из-за изнашивания инструмента отмечается рассеивание высоты микронеровностей.

В качестве основных показателей точности обработки при развертывании отверстий в деталях из порошковых материалов принимались разбивка, овальность и огранка отверстий. Установлено, что способ крепления развертки влияет на разбивку отверстий незначительно. При жестком креплении разбивка отверстий несколько больше, при креплении в плавающем патроне она уменьшается и более стабильна. Значение и рассеивание разбивки в 2,5...3 раза меньше при работе с эмульсией по сравнению с работой всухую и с маслом.

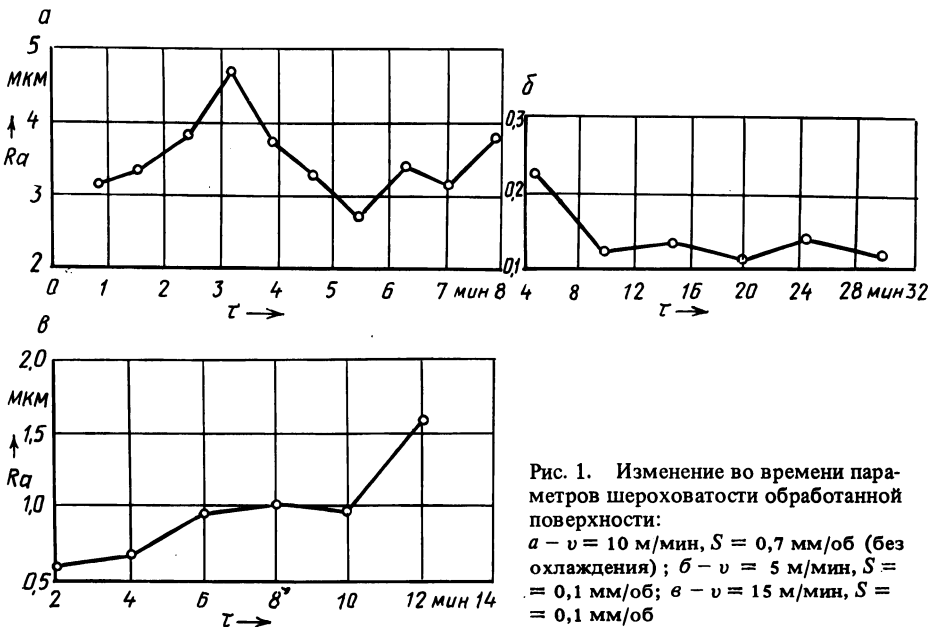


Рис. 1. Изменение во времени параметров шероховатости обработанной поверхности:
 а — $v = 10$ м/мин, $S = 0,7$ мм/об (без охлаждения); б — $v = 5$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об; в — $v = 15$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об

ров второго звена, при которых γ максимальный, достаточно знать частоту колебаний и жесткость первого звена.

Из уравнений (1) и (2) также видно, что коэффициент K_c оказывает существенное влияние на демпфирование привода. Для определения зависимости γ от K_c проведены теоретические исследования передаточной функции разомкнутой системы привода при изменении коэффициента передачи $\sqrt{K_c}$ в пределах 0,25...1. Соотношение постоянных времени и относительный коэффициент демпфирования ξ выбирались таким образом, чтобы на частоте среза системы был обеспечен максимальный запас устойчивости по фазе. Как видно из рис. 2, полученная зависимость имеет экстремальный характер. При уменьшении $\sqrt{K_c}$ от 1 до 0,5 запас устойчивости по фазе системы увеличивается. Дальнейшее уменьшение $\sqrt{K_c}$ способствует снижению γ системы. Исследованиями установлено, что при уменьшении $\sqrt{K_c}$ частота среза привода постоянно смещается влево. Очевидно, что при этом уменьшаются не только его жесткость, но и прочность конструкции, а также точность установочных перемещений. Учитывая неравномерный рост γ при уменьшении коэффициента передачи системы и нежелательность ухудшения статических характеристик привода, в проектируемых станках наиболее рациональным следует считать соотношение жесткостей звеньев системы привода, при котором коэффициент передачи находится в пределах 0,75...1.

Эффективность демпфирования колебаний с помощью данного способа проверялась экспериментально на установке, моделирующей привод подачи станка мод. 6М610Ф2-1. Масштаб масс и жесткостей модели и объекта составлял 1:10. Для проведения испытаний параметры системы определялись следующим образом. В соответствии с требованиями к статической жесткости и устойчивости перемещения рабочего органа был принят коэффициент передачи $\sqrt{K_c} = 0,9$. Как видно из рис. 2, при этом запас устойчивости по фазе $\gamma = 30^\circ$. При массе $m_1 = 2000$ кг и жесткости $c_1 = 126,7$ Н/мкм первого звена жесткость второго $c_2 = 540$ Н/мкм. Суммарная жесткость двух звеньев составила 113 Н/мкм. Известно, что частота собственных колебаний привода $\nu = 40$ Гц, что соответствует постоянной времени $T_1 = 3,38$ мс. При подстановке значений $\sqrt{K_c}$ и T_1 в уравнение (1) получена постоянная времени второго звена $T_2 = 4,19$ мс при приведенной массе $m_2 = 9500$ кг. Массу m_2 и жесткость c_2 подбирали за счет конструктивных размеров муфты, соединяющей выходной вал редуктора с приводным винтом стола. На основании уравнения (2) определен относительный коэффициент демпфирования $\xi = 0,184$. Исходя из конструктивных соображений, приняты $f = 0,125$ см² и $\nu = 3,14$ см/с. Тогда из выражения (3) $q = 740$ см³/с.

Испытание системы привода проводилось под нагрузкой, имитирующей процесс резания. С этой целью был разработан гидромеханический вибратор, позволяющий создавать постоянную и переменную составляющие нагрузки [2]. Основными элементами вибратора являлись гидравлический цилиндр 7 и кривошипно-шатунный механизм 8, создающий возвратно-поступательное перемещение плунжера 9, связанного при помощи трубопровода 10 с напорной полостью гидроцилиндра (см. рис. 1, а). Заполнение последнего маслом (подпитка) производилось от насоса гидростанции через обратный клапан 11 под давлением 0,5 МПа. Цилиндр вибратора прикреплялся жестко к корпусу установки, моделирующей привод, параллельно направлению перемещения стола.

Угол развертки в плане не оказывает существенного влияния на разбивку отверстия, особенно если учесть ее большое рассеивание.

Разбивка отверстия существенно зависит от износа развертки. При малых подачах разбивка положительна, при больших подачах и возрастании износа инструмента отмечается усадка развернутого отверстия. Очевидно, это связано с радиусом округления режущих кромок и интенсивностью контактных процессов на задней поверхности.

Зависимость разбивки отверстия от элементов режима резания также неоднозначна. При малых подачах и скоростях резания наблюдается усадка отверстия, при больших – разбивка. Это обстоятельство существенно при разделении развертывания на чистовое и черновое и выборе номинального диаметра развертки.

Среднюю разбивку можно оценить по полученной эмпирической формуле

$$\delta = 0,024 v^{0,58} S_z^{0,66} \varphi^{-0,026} k_{m\delta},$$

где $k_{m\delta}$ – коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала (см. табл. 1).

При возрастании подачи погрешности формы отверстия увеличиваются, а при увеличении скорости резания – уменьшаются, что обусловлено совместным влиянием силы резания и частоты вращения развертки.

Исходя из результатов исследований, чистовое развертывание рекомендуется выполнять при резании $v = 5$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об, черновое – $v = 10 \dots 12$ м/мин, $S = 0,5 \dots 0,7$ мм/об.

УДК 621.910

МАЙ ТХАНЬ УОНГ (БПИ)

СТОЙКОСТЬ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ ТОЧЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Исследованы зависимости стойкости инструмента от режимов резания при точении деталей из порошковых материалов ЖГр1ДЗ, ЖГр2, ПЖ10-6З, ЖГр1,2Д2,5К0,8. В качестве материала режущих инструментов взяты твердые сплавы ВК8, Т15К6, Т30К4. Резцы имели геометрию: $\gamma = 4^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $r = 0,56$ мм, $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$, $\lambda = 0$. Стойкость инструментов оценивалась по износу задней поверхности h_3 .

Зависимость стойкости T от скорости резания v при глубине резания $t = 0,2$ мм, подаче $S = 0,062$ мм/об и $h_3 = 0,2$ мм показана на рис. 1. Немонотонный характер ряда зависимостей объясняется сложностью процесса изнашивания инструмента. При малых скоростях резания преобладающими являются абразивное изнашивание и микровыкрашивание [2], которые при возрастании скорости резания проявляются в меньшей степени. Увеличение температуры контакта приводит к усилению адгезионного изнашивания. При увеличении скорости резания микровыкрашивание становится более интенсивным, резко возрастает проявление окислительного изнашивания. В зоне боль-