

Рис. 1. Зависимость линейной стойкости  $L$  протяжек от скорости резания  $v$  (подъем на зуб  $S_z = 0,1$  мм):  
 1 — чугуна СЧ15 протяжкой из ВК6М; 2 — СЧ15-Р6М5; 3 — ЖГр1,5Д-ВК6М  
 4 — ЖГр1,5Д-Р6М5; 5 — стали 40 — Т14К8; 6 — стали 40 — Р6М5

тяжки соответственно из сплава ВК6М и из стали Р6М5 при скоростях резания 60 и 40 м/мин, при обработке чугуна СЧ15  $L$  составляет 2100 и 1400 м. Несколько более низкую линейную стойкость (1500 и 720 м) имеют протяжки соответственно из сплава Т14К8 и стали Р6М5 при обработке стали 40 также со скоростями резания 60 и 40 м/мин.

При изучении качества поверхности, полученной протягиванием, учитывались ее шероховатость, глубина упрочненного слоя, а также наличие сколов на торцах деталей при выходе протяжки.

Большое влияние на шероховатость и другие параметры качества поверхности оказывает скорость резания (рис. 2). При обработке конструкционной стали 40 немонотонный характер зависимости параметра  $Ra$  поверхности от скорости резания  $v$  связан с образованием нароста. Малая высота микронеровностей обработанной поверхности наблюдается при низких ( $v = 5$  м/мин) и высоких ( $v > 40$  м/мин) скоростях резания, когда нарост наименьший. Наоборот, наибольшая высота микронеровностей соответствует скоростям резания  $v = 10...30$  м/мин, при которых нарост имеет наибольшие размеры.

Повышение скоростей протягивания до 30...40 м/мин при обработке чугуна СЧ15 не оказывает существенного влияния на параметры шероховатости обработанной поверхности, и только при высоких скоростях резания ( $v > 50...60$  м/мин) наблюдается некоторое уменьшение высоты микронеровностей.

При обработке порошкового материала ЖГр1,5Д при скоростях протягивания  $v < 20$  и  $v > 40$  м/мин неровности на поверхности имеют наименьшую высоту, а при  $v = 15...30$  м/мин — наибольшую. Значительное уменьшение высоты микронеровностей наблюдается только при высоких скоростях резания ( $v > 40$  м/мин).

Одним из дефектов, возникающих при протягивании деталей из чугуна, спеченных порошковых и других хрупких материалов, являются сколы кромок детали на выходе протяжки. Подобное явление практически не наблюдается при обработке сталей и других пластичных металлов. Сколы кромок на выходном торце детали связаны с образованием при обработке хрупких материалов стружки надлома в виде отдельных, не связанных между собой элементов. При обработке чугуна и порошковых спеченных материалов режущий

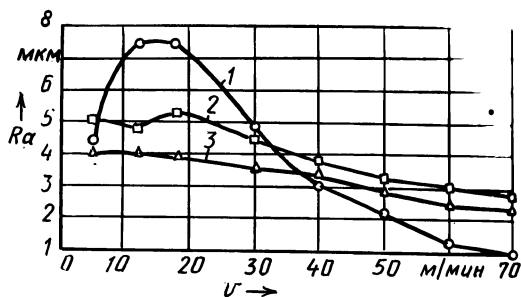


Рис. 2. Зависимость среднего арифметического отклонения профиля поверхности от скорости резания при протягивании с  $S_z = 0,1$  мм:

1 – стали 40; 2 – сплава ЖГр1,5Д; 3 – чугуна СЧ15

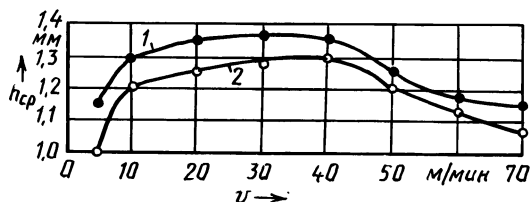


Рис. 3. Зависимость от скорости резания  $v$  средней величины сколов  $h_{cp}$  на выходном торце протягиваемой детали из:

1 – сплава ЖГр1,5Д; 2 – чугуна СЧ15

клин зубьев протяжки, углубляясь в материал, не срезает элемент стружки, а вырывает его в виде куска неправильной формы.

В зависимости от режимов резания изменяется соотношение между хрупкостью и пластичностью чугуна и порошковых спеченных материалов. При протягивании у опорного торца детали создаются благоприятные условия для образования стружки надлома, так как зона сжатия впереди режущего зуба распространяется ниже линии среза.

Опыты по определению зависимостей частоты появления и размеров сколов на торцевой поверхности при обработке деталей из чугуна СЧ15 и порошкового спеченного материала ЖГр1,5Д от геометрических параметров зубьев производились при наружном протягивании образцов призматической формы. Плоские протяжки из Р6М5 имели подъем на зуб  $S_z = 0,05...0,5$  мм. Скорость резания изменялась в интервале 5...60 м/мин.

Изменение скорости резания оказывало влияние на частоту и средние размеры сколов на торце детали  $h_{cp}$  (рис. 3). При обработке чугуна и порошковых материалов протяжкой с  $S_z = 0,1$  мм с повышенными скоростями ( $v = 20...40$  м/мин) размеры сколов увеличивались до 1,35 мм, а при высоких скоростях ( $v = 50...70$  м/мин) – уменьшались, т. е. оставались практически такими же, как и при низких скоростях протягивания (до 10 м/мин).

Для обеспечения более плавной работы протяжек и уменьшения при этом размера сколов зубья наружных протяжек необходимо изготавливать с углом наклона  $\lambda = 20...45^\circ$ . Наименьшие размеры сколов обеспечивают протяжки с наибольшим углом наклона.

Протяжки, применяемые при наружной обработке деталей из серого чугуна, железистографитовых порошковых и других хрупких материалов, должны иметь стружечную канавку, рассчитанную с учетом минимального коэффициента заполнения стружкой  $K = 2...2,5$ . При конструировании же протяжек для обработки сталей и других пластичных металлов объем стружечных канавок двухрадиусной формы определяется в зависимости от условий обработки, исходя из минимального коэффициента заполнения  $K = 2,7...5$ .

С целью уменьшения сколов на торце детали у выхода протяжки необходимо рекомендовать следующее:

- 1) протяжки должны иметь дополнительные переходные и чистовые зубья с постоянно уменьшающимся подъемом;
- 2) максимальные углы заточки:  $\gamma$  — до  $15^\circ$ , а  $\alpha$  — до  $6...10^\circ$ ;
- 3) угол наклона зубьев протяжек  $\lambda = 40...45^\circ$ ;
- 4) при протягивании под выходной торец детали необходимо вставлять прокладку, соответствующую профилю отверстия протягиваемой детали.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жигалко Н.И. Скоростное протягивание. — Минск, 1982. — 140 с. 2. Ведмедовский В.А., Клычников Е.А. Исследование поверхностного слоя при протягивании пористых железистографитовых металлокерамических материалов//Качество поверхностного слоя при протягивании. — Рига, 1976. — С. 127–143. 3. Авдасев В.И., Лемешонок В.Д., Ковзель Н.И. Обработка пористых металлокерамических материалов методом протягивания//Порошковая металлургия. — Киев, 1964. — С. 67–74.

УДК 621.951:621.993.1

В.М.СЛЫШ, Е.Э.ФЕЛЬДШТЕЙН, канд.техн.наук,  
В.И.ШАГУН, канд.техн.наук,  
А.А.ЗОТКИН, Е.М.КАПУСТИН (БПИ)

### УСЛОВИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ИЗ ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА

Сверление и развертывание отверстий производилось на модернизированном вертикально-сверлильном станке 2Б125 с бесступенчатым регулированием частоты вращения и подачи. Обрабатывались образцы из порошковых материалов ЖГр1Д3; ЖГр1,2Д2,5К0,8; ЖГр2; ПЖ10-63; ШХ15Гр1,2. Установлено, что сверла изнашиваются по задним поверхностям и ленточкам. Износ поперечной режущей кромки не влияет на работу сверла, так как его размеры невелики. Наиболее значимыми являются износ режущих кромок у уголков  $h_y$  и износ по ленточке  $h_n$ , однако ввиду значительных износов и скруглений уголков измерение  $h_n$  и  $h_y$  с помощью микроскопа практически трудно осуществимо из-за потери базы отсчета и нечетких контуров измеряемых площадок износа. Поэтому за основной показатель лимитирующего износа был принят износ по задней поверхности у уголка  $h_z$ .

При работе со скоростью выше 30 м/мин сверло быстро теряет работоспособность, так как  $h_z$  становится равным ширине ленточки  $f$ . В этом случае

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  $\alpha$  и угла при вершине  $2\varphi$  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,