

УДК 621.73

Ю.П. Белоус, О.Ф. Трифонова

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ В ЗАГОТОВКАХ ИЗ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ РАЗВЕРТКАМИ

Введение. В практике машиностроительных предприятий при обработке отверстий в заготовках из прочных сталей хорошо зарекомендовали себя твердосплавные развертки [1]. При оптимальных условиях их эксплуатации достигается значительное повышение производительности и долговечности разверток. Сравнительно редко используются твердосплавные развертки при обработке мягких углеродистых сталей (типа ст. 3, сталь 45) с относительно малыми скоростями резания. Объяснение этому находят в том, что твердосплавные инструменты менее эффективны при малых скоростях, применяемых при развертывании отверстий небольшого диаметра в мягких сталях. Результаты экспериментального исследования относительной износостойкости разверток, изготовленных из большого числа инструментальных материалов (твердых сплавов ВК3М, ВК4, ВК6, ВК6М, ВК8, Т14К8, Т15К6, Т30К4 и быстрорежущих сталей Р6М3, Р6М5, Р6М5К8, Р9К10Т, Р18Ф2К8М), при обработке заготовок из ст. 3 и стали 45 в диапазоне скорости резания до 10 м/мин позволили установить в качестве оптимальных марок твердого сплава: ВК8 и ВК6М. Развертки, оснащенные этими сплавами, превосходят изготовленные из быстрорежущих сталей по размерной стойкости в 8 - 55 раз и по производительности в 1,5 – 2 раза.

Целью данной работы является оптимизация параметров режима резания, обеспечивающих заданное качество поверхности с максимальной производительностью и минимальном расходе режущего инструмента, при развертывании отверстий небольшого диаметра в мягких углеродистых сталях твердосплавными развертками.

Постановка задачи. Для достижения этой цели необходимо установить зависимости параметра качества обработанной поверхности R_a (среднее арифметическое отклонение профиля микронеровностей поверхности), интенсивности износа задней грани $h_{3,0}$ на режущей части развертки и предельного износа $[h_3]$ задней грани от скорости резания V и подачи S_z .

Решение задачи. При развертывании отверстий в заготовках из малоуглеродистых конструкционных сталей типа Ст. 3 изменение в определенных пределах скорости резания V , подачи S_z и величины износа h_3 задней грани на режущей части зубьев развертки оказывает существенное влияние на среднее арифметическое отклонение профиля микронеровностей поверхности R_a , а также на появление «надиров» (рис.1), являющихся следствием наростообразования.

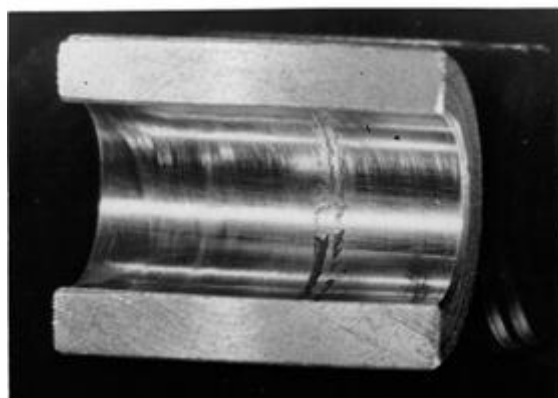


Рис.1. «Надиры» на поверхности отверстия, обработанного развертыванием

Для оценки зависимости R_a от V , S_z и h_3 был использован метод факторного планирования экспериментов, позволяющий более объективно выявить эффекты взаимодействия между факторами, а также сократить число опытов.

Развертывание производилось нормализованными развертками, оснащенными твердым сплавом ВК8, диаметром $D = 14$ мм в диапазоне $V = 3 - 12$ м/мин и $S_z = 0,025 - 0,2$ мм/зуб при глубине резания $t = 0,125$ мм. Выбор сочетания V и S_z ограничивался появлением на обработанной поверхности «надиров» при $h_3 > 0,5$ мм. Обрабатываемый материал — сталь Ст. 3. Охлаждение — 10% -й раствор эмульсола.

Математическая обработка результатов эксперимента позволила вывести следующую формулу:

$$\ln (R_{a \max}) = -1,808 + 0,218 t + 0,185 V + 1,714 S_z - 0,164 h_3 + 1,658 V S_z + 7,772 S_z h_3 - 0,0135 V^2 - 33,176 S_z^2,$$

где $R_{a \max}$ — предельная величина среднего арифметического отклонения профиля микронеровностей для заданного класса шероховатости; t — аргумент функции Лапласа $\Phi(t)$, отвечающий заданной вероятности α .

Полученная формула позволяет рассчитать сочетания V и S_z , обеспечивающие заданный класс шероховатости при определенной величине износа задней грани h_3 .

Окончательный выбор оптимального сочетания V и S_z можно произвести лишь после сравнения всех вариантов по точности обработанных отверстий, производительности, площади обработанной поверхности за период стойкости и интенсивности износа развертки.

В диапазоне скоростей резания (3 - 12 м/мин) и подачи (0,025 - 0,2 мм/зуб) зависимость погрешности формы отверстий от режимов резания незначительна. Поэтому точность не является препятствием в выборе параметров режима резания.

Результаты исследований позволили установить, что для каждого сочетания V и S_z величина износа задней грани h_3 , при которой появляются «надиры», имеет определенное значение.

Методом факторного планирования экспериментов получены следующие зависимости предельного износа задней грани на режущей части развертки $[h_3]$, при котором начинают появляться «надиры», от параметров режима резания

для диапазона $V = 3 - 7,5$ м/мин и $S_z = 0,025 - 0,2$ мм/зуб

$$[h_3] = 0,835 - 0,035 V - 0,33 S_z - 0,29 V S_z \text{ [мм];}$$

для диапазона $V = 7,5 - 12,0$ м/мин и $S_z = 0,025 - 0,11$ мм/зуб

$$[h_3] = 0,53 + 0,005 V + 1,76 S_z - 0,55 V S_z \text{ [мм].}$$

Зависимость интенсивности износа задней грани развертки, оснащенной твердым сплавом BK8, от скорости резания, подачи и диаметра развертки в диапазоне $V = 3 - 12$ м/мин, $S_z = 0,025 - 0,2$ мм/зуб, $D = 8 - 20$ мм при обработке стали Ст. 3 характеризуется следующим выражением:

$$h_{3,0} = 164,1 - 8,07 V - 1132 S_z - 1,53 D + 16,16 V S_z + 6,45 S_z D + 0,269 V^2 + 2516 S_z^2 \text{ [мкм/} 10^3 \times \text{см}^2\text{].}$$

Зависимости $[h_3] = f(V, S_z)$ и $h_{3,0} = f(V, S_z, D)$ позволяют определить площадь обработанной поверхности F за период стойкости развертки по следующей формуле:

$$F = (([h_3] - h_{3,n}) / h_{3,0}) \cdot 103 + F_n \text{ [м}^2\text{]},$$

где $h_{3,n} = 0,15$ мм - начальный износ; F_n - площадь поверхности, обработанной за период начального износа, м².

Результаты экспериментальных исследований показали, что величина F_n незначительна и поэтому при расчете ею можно пренебречь.

На рис. 2 приведены результаты расчета оптимальных значений скорости резания V и подачи S_z для обеспечения 7 класса шероховатости ($Ra \max = 1,25$ мкм) с вероятностью $\alpha = 0,9986$ при развертывании отверстий в заготовках из стали Ст. 3 разверткой, оснащенной твердым сплавом BK8. Диаметр развертки - 14 мм, охлаждение—10%-ный раствор эмульсола.

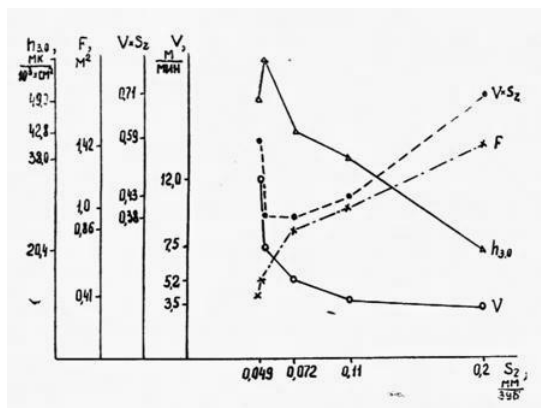


Рис. 2. Результаты расчета оптимальных значений скорости резания V и подачи S_z для обеспечения 7 класса шероховатости ($Ra \max = 1,25$ мкм) с вероятностью $\alpha = 0,9986$

Выводы:

1. Как видно из рис. 2, оптимальным режимом резания будет режим при $V = 3,5$ м/мин и $S_z = 0,2$ мм/зуб, когда производительность ($V \times S_z$) и площадь обработанной поверхности F за период стойкости максимальны, а интенсивность износа задней грани на режущей части развертки $h_{3,0}$ минимальна. Предельный износ задней грани, при котором на поверхности отверстий при указанном сочетании значений скорости резания V и подачи S_z начинают появляться «надиры», $[h_3] = 0,44$ мм.

2. Установленные в результате экспериментальных исследований эмпирические зависимости и предложенная в работе методика позволяют рассчитать оптимальные параметры режима резания при обработке отверстий заданного качества в заготовках из малоуглеродистых конструкционных сталей твердосплавными развертками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молохов И.Ф. Особенности износа твердосплавных разверток. «Станки и инструменты», 1966. №1.
2. Белоус Ю.П., Трифонова О.Ф. Экспериментальное исследование по оптимизации геометрических параметров режущей части твердосплавных разверток при обработке малоуглеродистых сталей. Вестник ХНТУ №2(41). Херсон, 2011 г.

БЕЛОУС Юрий Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения. Новокаховский политехнический институт.

Научные интересы: повышение долговечности режущих инструментов.

ТРИФОНОВА Ольга Филипповна - кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой технологии машиностроения. Новокаховский политехнический институт.

Научные интересы: повышение качества обработки материалов.