

УДК 621.951.45

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ОТВЕРСТИЙ, ОБРАБОТАННЫХ СВЕРЛЕНИЕМ

Н.А. Рагрин, А.А. Айнабекова

Представлены физические закономерности повышения качества поверхности отверстий, обработанных стандартными быстрорежущими спиральными сверлами.

Ключевые слова: сверло; отверстие; шероховатость; нарост; скорость резания.

REGULARITIES OF IMPROVEMENT QUALITY ON THE SURFACE OF OPENINGS DRILLING

N.A. Ragrin, A.A. Aynabekova

The article regards physical regularities of improvement quality on the surface of the openings processed by standard fast-cutting spiral drills.

Keywords: drill; opening; roughness; outgrowth; cutting speed.

Более 60 % деталей машин и механизмов имеют отверстия с различными требованиями к точности, шероховатости и т. п. Сверление – единственный вид обработки резанием, позволяющий получить отверстие в сплошном материале. Согласно рекомендациям [1] сверлением можно получить отверстие 13-9 квалитета точности и шероховатости $Ra = 25-8$ мкм. Поэтому при необходимости получения отверстий более высокого качества, после сверления следуют другие виды обработки (зенкерование, развертывание, протягивание, растачивание и др.). Однако в настоящее время стоимость осевых металлорежущих инструментов возросла более чем в сто раз, не говоря об электроэнергии и т. д., что требует больших затрат на обработку точных отверстий при необходимости зенкерования и двукратного развертывания [1]. Снизить затраты можно посредством повышения качества обработки сверлением.

Рекомендуемые [1] скорости резания при сверлении лежат в пределах $V = 16-55$ м/мин в зависимости от подачи и диаметра сверла. Это диапазон скоростей резания активного наростообразования [2]. Нарост непостоянен по форме и величине. Отделившиеся частицы нароста внедряются в обработанную поверхность, что не позволяет получить высокое качество поверхности отверстий. Нарост отсутствует при скоростях резания больших $V > 80$ м/мин [2], но применение этих скоростей по примеру токарной обработки, при обработке быстрорежущим инструментом, из которого изготавливаются стандартные

спиральные сверла, невозможно из-за низкой теплоустойчивости быстрорежущих сталей [1].

В работе [3] отмечено, что имеются исследования, направленные на повышение качества обработки сверлением с применением низких скоростей резания $V = 3-6$ м/мин, по примеру обработки протягиванием. Это позволит, повысить качество обработки сверлением как в отношении точности отверстий и в отношении шероховатости поверхности. Результаты исследований, представленные в работах [4-6] показывают отсутствие нароста при сверлении на скоростях резания 5 м/мин и меньших в определенном диапазоне подач.

Результаты исследований качества отверстий сверлением на скоростях резания 5 м/мин и меньших представлены в работе [7] и в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Примеры разбивки отверстий

V, м/мин	S, мм/об					
	0,078	0,1	0,125	0,16	0,2	0,25
5,2	0	0	0	0	0,07	0,08
4,1		0	0	0	0	0,06
3,3			0	0	0	0,03
2,7				0	0	0,03
2,17					0	0

Из данных таблицы 1 видно, что на некоторых скоростях резания и подачах разбивка отверстий отсутствует, т. е. диаметр отверстия равен диаметру сверла. В этих условиях резания ленточки сверла выполняют калибрующую функцию, улучшая шерохо-

ватость поверхности отверстия. Это видно из данных, представленных в таблице 2. В условиях нулевой разбивки высота микронеровностей равна 1,25 Ra.

Таблица 2 – Шероховатость поверхности отверстий

V, м/мин	S, мм/об					
	0,078	0,1	0,125	0,16	0,2	0,25
5,2	1,25	1,25	1,25	1,25	1,6	1,6
4,1		1,25	1,25	1,25	1,6	1,6
3,3			1,25	1,25	1,25	1,25
2,7				1,25	1,25	1,25
2,17					1,25	1,25

Отсутствие разбивки отверстий, показанное в таблице 1, подтверждает отсутствие нароста на уголках сверла при работе на скоростях резания 5 м/мин и меньших в указанном диапазоне подач.

Отсутствие нароста на этих скоростях резания не раскрывает физические закономерности такого высокого качества отверстий, полученного сверлением стандартными быстрорежущими спиральными сверлами. Ответ на поставленный вопрос в виде рабочей гипотезы дает теория обработки металлов давлением, согласно которой повышение температуры металла оказывает существенное влияние на его механические характеристики (рисунок 1).

На рисунке 1 видно, что в области невысоких температур (до 300 °С) с увеличением температуры пластичность углеродистой стали сначала растет, а предел прочности уменьшается. Дальнейшее увеличение температуры приводит к значительному уменьшению пластичности и увеличению предела прочности металла, достигающего максимума при температуре 300 °С, что объясняется выпадением мельчайших частиц карбидов по плоскостям скольжения аналогично процессу старения [8].

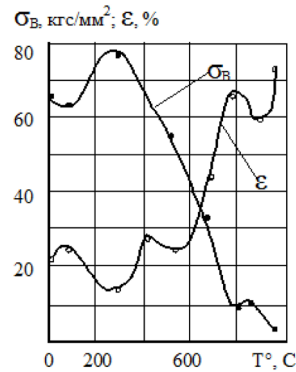


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности и пластичности углеродистой конструкционной стали от температуры: ϵ – степень деформации, характеризующая пластичность материала; σ_B – предел прочности

Известно, что при температуре резания 300 °С, высота нароста максимальная [1], что совпадает с температурой максимального предела прочности (рисунок 2). Авторы работы [9] показали, что совпадение температур не случайное, и построили вполне логичную гипотезу, связывающую максимальную высоту нароста с максимальным пределом прочности стали. Это дает основание предположить связь качества отверстий на скоростях 5 м/мин и меньших с максимальной пластичностью металла в области невысоких температур (рисунок 3).

Автор работы [10] представил экспериментально полученные зависимости пути резания от скорости резания и температуры (рисунок 4), позволяющие судить о температуре резания при точении на низких скоростях резания, менее 0,1 м/с.

Анализ графиков, представленных на рисунке 2, а и б показал, что на скоростях резания меньших

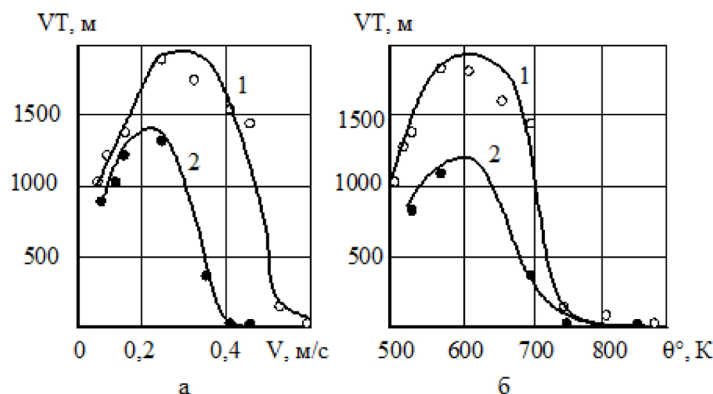


Рисунок 2 – Зависимости пути резания от скорости резания (а) и температуры резания (б) при точении конструкционной углеродистой стали резцами из быстрорежущей стали: 1 – толщина среза $\alpha = 0,1$ мм; 2 – $\alpha = 0,3$ мм

0,1 м/с температура резания примерно равна температуре максимальной пластичности металла, показанной на рисунке 1.

Таким образом, можно предположить, что при сверлении на низких скоростях резания отсутствие нароста исключает отрицательное влияние отделившихся частиц на обработанную поверхность, что положительно влияет на качество обработанной поверхности, но не снижает высоты микронеровностей и не уменьшает квалитет допуска размера. Закономерностями уменьшения разбивки отверстия и снижения высоты микронеровностей может быть и характер влияния температуры резания на пластичность и прочность. Снижение предела прочности и повышение пластичности обрабатываемого материала, связанные с температурой резания, положительно влияют на калибрующую функцию ленточек сверла, уменьшая тем самым высоту микронеровностей. Этому немало способствуют нулевые задние углы на ленточках [1], повышенная пластичность обрабатываемого металла и отсутствие разбивки обрабатываемых отверстий.

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы.

1. Отсутствие нароста при сверлении с низкими скоростями резания уменьшает разбивку отверстий, но не уменьшает высоту микронеровностей.

2. На качество поверхности отверстий, обработанных стандартными спиральными сверлами, положительно влияют снижение предела прочности и повышение пластичности обрабатываемого материала, связанные с температурой резания.

3. В условиях повышенной пластичности обрабатываемого металла и отсутствия разбивки обрабатываемых отверстий ленточки сверла выполняют не только направляющую функцию, но и калибрующую.

Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Ко-
силовой и Р.К. Мещерякова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001. С. 176–279.
2. Рагрин Н.А. Обработка материалов и инструменты: учебник для вузов / Н.А. Рагрин. Бишкек: КГТУ им. И. Раззакова. Техник, 2012. 156 с.
3. Рагрин Н.А. Пути повышения качества обработки сверлением / Н.А. Рагрин, А.А. Айнабекова // Известия КГТУ им. И. Раззакова. Бишкек, 2012. № 27. С. 42–43.
4. Рагрин Н.А. Анализ способов определения скорости резания при максимальной стойкости спиральных сверл / Н.А. Рагрин // Технология машиностроения. 2014. № 7. С. 20–24.
5. Рагрин Н.А. Анализ способов определения скорости резания, соответствующей максимальной стойкости спиральных сверл / Н.А. Рагрин, А.А. Айнабекова // Известия КГТУ им. И. Раззакова. Бишкек, 2013. № 30. С. 11–13.
6. Рагрин Н.А. Влияние скорости резания на наличие и высоту нароста при сверлении быстрорежущими спиральными сверлами / Н.А. Рагрин, А.А. Айнабекова, С.В. Нарыжный // Известия КГТУ им. И. Раззакова. Бишкек, 2013. № 29. С. 158–160.
7. Задорожный Е. Исследование наростообразования на режущих кромках быстрорежущих спиральных сверл / Е. Задорожный, В. Сабуров, Н. Рагрин // Известия КГТУ им. И. Раззакова. Бишкек, 2014. № 31. С. 155–157.
8. Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением: учебник для вузов / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 423 с.
9. Рагрин Н.А. Обоснование температуры резания максимального нароста / Н.А. Рагрин, В.А. Самсонов // Известия КГТУ им. И. Раззакова. Бишкек, 2014. № 32 (Часть 1). С. 227–229.
10. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т.Н. Лоладзе. М.: Машиностроение, 1982. 320 с.