

ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Высокоскоростная обработка предусматривает сочетание различных технических средств, способствующих увеличению скорости обработки при резании выше общепринятого предела [1]. Эти средства предусматривают изменения в конструкции металлорежущих станков / направляющие, узлы приводов, шпиндельные подшипники, способные работать на скоростях вращения и линейных перемещений многократно превышающих режимы при простой обработке /; новые типы приводов главного движения и подач; системы ЧПУ, имеющие высокие скорости расчета траекторий движений; новые конструкции режущего и вспомогательного инструмента, обеспечивающие реализацию этих преимуществ при обработке резанием.

Основные преимущества высокоскоростной обработки, подтвержденные практикой ведущих мировых фирм, включают следующее:

- высокая производительность;
- высокое качество изготавливаемых деталей;
- высокая стойкость инструментов;
- сокращение количества ручных доводочных операций;
- сокращение сроков поставки продукции.

В 1997 году для координации работ по этим направлениям был создан консорциум «Эффективная высокоскоростная обработка». В состав консорциума вошли известные фирмы Америки – Kennametal, Cincinnati Milacron, General Motors, Cummins Engine и др. В настоящее время известны результаты по повышению производительности, например, при фрезеровании высокопрочных сталей – в 3 раза, при обработке алюминиевых деталей в автомобилестроении – в 10 раз, при обработке графитовых электродов – в 10 раз. Это позволило сократить производственный цикл и способствовало росту объемов производства. Отмечается [1], что наибольших успехов фирмы добились при высокоскоростном фрезеровании и сверлении. В работе [2] рассматривался уровень режимов резания при фрезеровании по данным ведущих мировых производителей.

Учитывая распространенность операции сверления, ее трудоемкость, выполнено исследование основных параметров, характеризующих процесс сверления. Для анализа и сравнения использовались таблицы, графики и расчетные зависимости фирм Seco, Kennametal Hertel, Tizit Maxidrill, Mitsubishi Carbide и Sandvik Coromant и справочник технолога-машиностроителя [3–9].

Каталоги ведущих мировых производителей инструментов дают возможность проследить тенденции в расширении использования твердых сплавов и покрытий для сверл, совершенствовании и развитии новых конструкций инструментов и условий их применения для различных групп обрабатываемых материалов. Основными направлениями работ этих фирм являются следующие:

- создание новых и совершенствование известных инструментальных материалов;
- наиболее полное использование возможностей износостойких покрытий для повышения режущих свойств инструмента;
- расширение размерного ряда инструментов как в область больших, так и в область малых значений диаметров;
- разработка конструкций многолезвийного инструмента с увеличенным числом одновременно работающих кромок;

Наблюдается общая тенденция уменьшения использования сверл из быстрорежущих сталей без покрытий и их замена твердосплавными, в том числе, с подводом СОЖ к режущим лезвиям. Например, Kennametal Hartel представляет производственную программу в области сверления тремя группами сверл: цельные твердосплавные для обработки различных материалов – TF-Drill, SE – Drill, TX – Drill; сверла с пластинками KSEM, Drill-Fix, HTS и HTS-C; специальные инструменты для сверления [5].

Фирмой TITEX рекламирует высокоскоростные цельные твердосплавные сверла ALPHA 44 с профилем UFL и внутренним подводом СОЖ для сверления глубоких, $L/d = 8$, отверстий в сталях, чугунах и цветных металлах; высокоскоростные и высокоточные сверла AlphaJet из мелкодисперсного твердого сплава для сверления глубоких отверстий в алюминии и чугуне; высокоскоростные и высокоточные трехперые сверла Maximiza SX из твердого сплава K30 для сверления чугуна, алюминия и других цветных металлов. Преимущество сверл ALPHA 44, например, по сравнению с обычными спиральными объясняются следующими факторами: надежным отводом стружки, $\omega = 40^\circ$; исключением периодических выводов сверла для удаления стружки, что, кроме повышения производительности, упрощает программирование цикла обработки; повышением износостойкости за счет покрытия TiN на конце сверла длиной $L = 1,0 \dots 1,5d$, увеличение подачи в 3 – 4,5 раза [10].

Фирмами предлагается широкий диапазон диаметров, 3...330 мм, сверл для глухих и сквозных отверстий при глубине отверстий, в основном, до $8d$ с подводом и без СОЖ в зону резания.

Для анализа уровня параметров процесса сверления, рекомендуемых ведущими инструментальными фирмами, нами рассматривалась операция сверления глухого отверстия цельными твердосплавными сверлами $d=12$ мм с внутренними каналами для подвода СОЖ, которые предлагаются во всех каталогах. Сопоставлялись следующие параметры процесса: величины подач, скорости резания, осевых сил и крутящих моментов, мощности резания. Режимы резания

рассчитывались при сверлении глухого отверстия глубиной 3D. В качестве критерия оценки параметров процесса использовались расчетные данные при сверлении согласно справочника технолога-машиностроителя.

Обрабатываемый материал – сталь 45, $\sigma_B = 650$ МПа. В расчетах использовались рекомендации фирм Mitsubishi Carbide, Sandvik Coromand, Seco, Kennametal Hertel, Komet и справочник технолога-машиностроителя, т.2 [2–10], рис. 1–4.

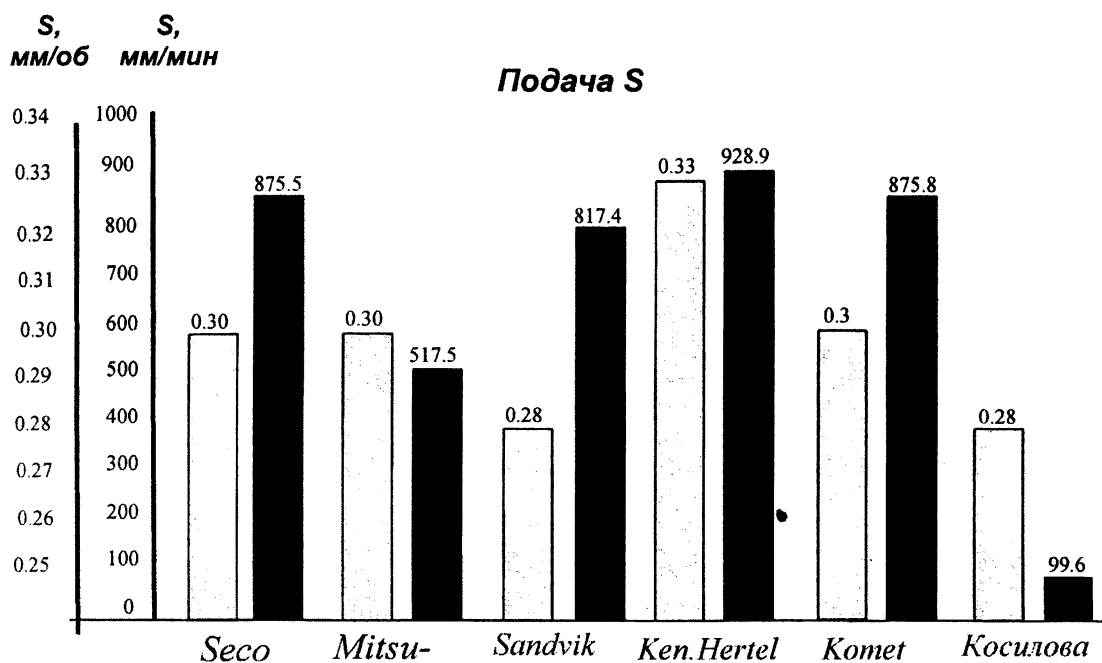


Рисунок 1- Величины подач

Сравнение величин подач позволяет более наглядно выявить разницу в эффективности использования рекомендаций различных фирм. При близких значениях величин подач, измеряемых в мм/об, на производительности обработки сказывается влияние уровня скоростей резания. Наши расчеты совпадают с утверждениями фирмы Kennametal о возможности интенсификации процесса сверления более чем в 9 раз при использовании твердосплавного инструмента. В порядке уменьшения производительности при обработке отверстий следуют фирмы SECO, Komet, Sandvik, Mitsubishi. Естественно, в данном сопоставлении невозможно учесть отличия в структурах и составах твердых сплавов, особенностях покрытий, профилей стружечных канавок, форм подточек и др. Однако качественный анализ, по нашему мнению, вполне допустим.

По уровню скоростей резания наибольшие величины рекомендуют фирмы Kennametal в 1,3 раза меньше SECO, Sandvik. По сравнению с быстрорежущими сверлами – это, соответственно, в 10,5 и 8,2 раза выше, что также подтверждает выводы фирмы Kennametal, рис.2.

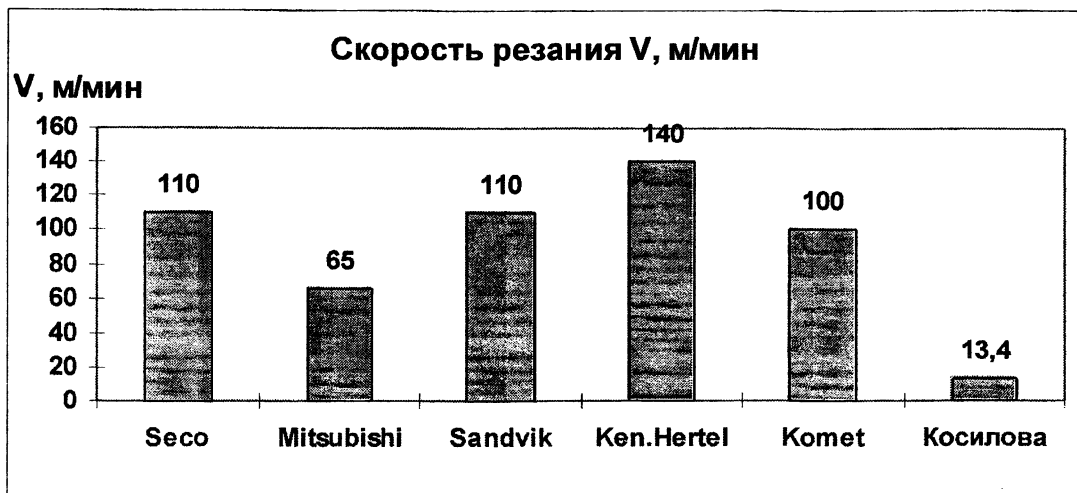


Рисунок 2 - Уровни скоростей резания

Для расчета затрат мощности резания при высокоскоростной обработке определялись крутящие моменты, а так же осевые силы. Для этого использовались рекомендации фирм, соответствующие таблицы и формулы в каталогах, рис. 3.

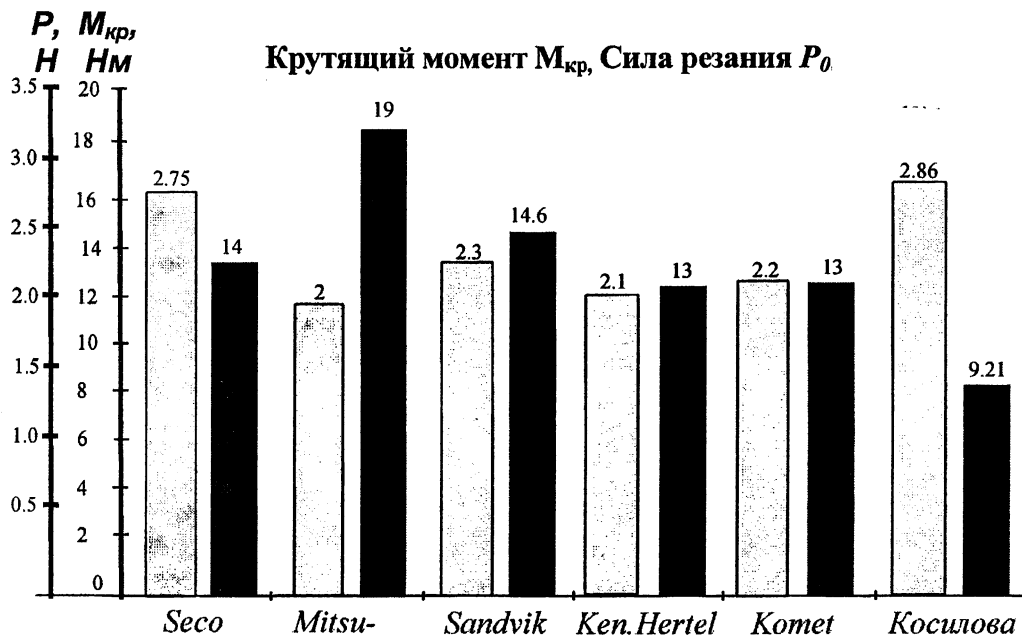


Рисунок 3. - Крутящий момент - $M_{кр}$, осевая сила резания - P

Мощности резания, как и ожидалось, при повышении режимов резания для твердосплавных сверл в 2 –4,5 раза выше, чем для быстрорежущих сверл. Наибольшие расчетные значения затрат мощности получены для фирм Komet и Sandvik.

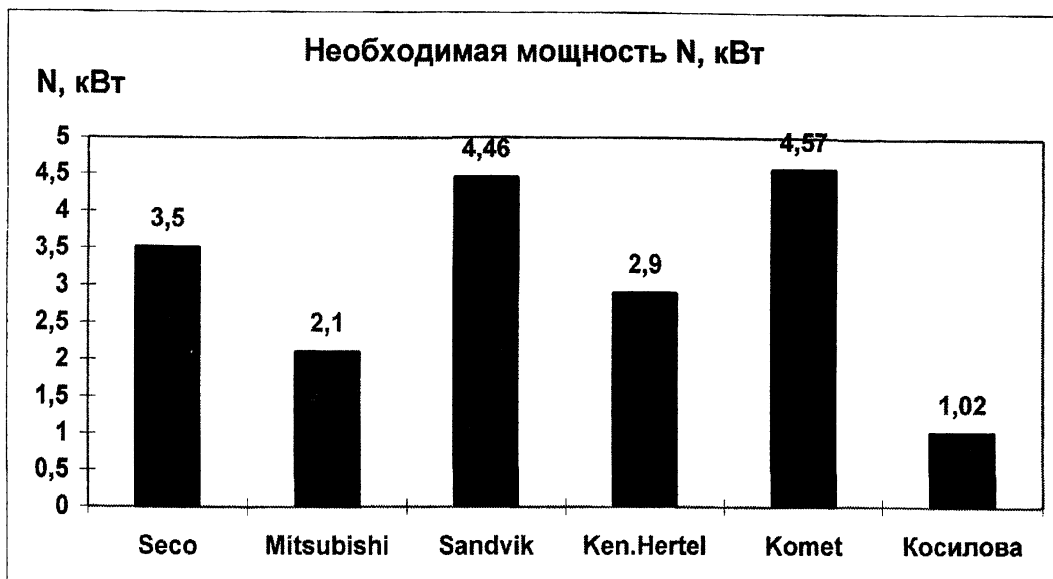


Рисунок 4 - Мощности резания при высокоскоростной обработке

Таким образом, выполненный анализ параметров процесса высокоскоростного сверления показал возможности повышения производительности при сверлении за счет материалов сверл, специальных их параметров, покрытий, заточек, соответствующих режимов резания. Во всех случаях необходимы стоимостные расчеты при принятии окончательного решения поскольку и стоимость твердосплавного инструмента и затраты мощности для предлагаемых зарубежными фирмами сверл выше, чем сверл из быстрорежущей стали. Кроме того, необходимо учитывать и обеспечиваемые точностные параметры отверстий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высокоскоростная обработка. Жн. Оборудование, рынок, предложение, цены. Вып.1,-- Москва: Инженерно-технологический центр «Технополис 2100», 1998.
- 2.Машиностроение: Республиканский межведомственный сборник научных трудов. Вып.20,Т.2 / Под ред. И.П. Филонова.—Мн.: УП «Технопринт», 2004.—400 с.
- 3.Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. Косиловой А.Г. Том 2.- М., «Машиностроение», 1985г.—495с.
- 4.Каталог Seco Selection 2002 (часть общего ассортимента).
- 5.Каталог Kennametal Hertel. Bohren 201.00 D.
- 6.Каталог “Вращающийся инструмент” Sandvik Coromant, 2001.
- 7.Каталог Mitsubishi Carbide Gesamtkatalog 2002-2003.
- 8.Kennametal Hertel Hauptkatalog 2001.
- 9.Каталог KOMET Bohren mit KOMET 2002 ,