

Е.Э. Экспериментальные исследования динамики микрорезания при иглофрезеровании // Известия вузов. Машиностроение. – 1989. - № 8. - С. 140-142. 9. Ватанабэ Ю., Нагао Т., Стефферле. Исследование механизма резания игольчатыми и фрезами // Сэм и цу кикай. – 47. - № 10. – С. 1198-1202. 10. Wamecke N.J., Przyklenk K. Grundlagenversuche Zum Verhalten von Stahldrahtbusten // Werkstattstechnik. – 1984. – 74. - № 3. – S. 171-174.

УДК 621.9

А.И. Бачанцев, В.И. Туромша

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДИК НАЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Одним из показателей эффективности процесса обработки материалов резанием является производительность [1], т.е. количество обработанных деталей за определенный промежуток времени.

Приведенные в литературе [2-4] различные методики назначения параметров режима резания обычно решают задачу повышения производительности обработки. Однако используемые в них алгоритмы решения задачи не позволяют достичь максимума производительности при съеме как относительно малых, так и больших припусков. Это объясняется несколькими причинами:

- данные методики рекомендуют снимать припуск с максимально большой глубиной резания, вплоть до глубины резания, равной величине припуска [1 - 4];
- при наличии ограничений, например, по мощности привода главного движения, алгоритм корректировки первоначально выбранных параметров режима резания предусматривает чаще всего изменение одного из них (обычно скорости резания) [1];
- рекомендуется значительно увеличивать только один из параметров режима резания, например, скорость резания или подачу, не изменяя других [5]

В качестве показателя производительности обработки  $Q$  может быть принят объем снятого материала за единицу времени, который равен произведению скорости резания  $v$ , подачи  $s$  и глубины резания  $t$ , т.е.

$$Q = v \times s \times t \quad (1)$$

Связь между параметрами режима резания  $v$ ,  $s$  и  $t$ , определяется известными зависимостями

$$\left\{ \begin{array}{l} N = \frac{P_z \times v}{61200}; \\ v = \frac{C_v \times K_v}{T^m \times t^x \times s^y}; \\ P_z = C_p \times t^{m_p} \times s^{y_p} \times v^{m_p}, \end{array} \right. \quad (2)$$

где  $N$  – мощность резания, кВт;  $T$  – период стойкости инструмента, мин;  $P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания, Н;  $m$ ,  $m_p$ ,  $x$ ,  $x_p$ ,  $y$ ,  $y_p$  – показатели степени;  $C_v$ ,  $C_p$  – постоянные;  $K_v$  – коэффициент.

Анализ зависимостей (1) и (2) показывает, что для увеличения производительности резания необходимо увеличивать произведение  $v \times s \times t$ , а для обеспечения заданного уровня периода стойкости инструмента и мощности резания при изменении одного из параметров режима резания необходимо соответствующим образом изменять два других. Алгоритм решения данной задачи предусматривает совместное решение уравнений (1) и (2) и позволяет назначить параметры режима резания, обеспечивающие максимум производительности [6].

Проведем сравнительный анализ различных методик назначения параметров режима резания при черновой токарной обработке деталей из углеродистой качественной стали (стали группы V подгруппы 2 [2]). В качестве базового варианта рассмотрим традиционную методику, изложенную в справочной литературе [2], [4], [7], [8]. Для сравнения возьмем методики фирм «SANDVIK COROMANT» [5] и «ISCAR» [9], а также предлагаемую авторами методику, суть которой изложена выше, а более подробно в работе [6].

Рассмотрим обработку цилиндрической детали (диаметр детали – 200 мм, длина – 150 мм) из стали 45 (HB=180) на токарном станке с ЧПУ, имеющем мощность привода главного движения  $N_{ст}=10$  кВт, коэффициент полезного действия  $\eta=0,8$ , скорость инструмента при холостом ходе  $V_{хх}=5$  м/мин. Инструмент – резец из твердого сплава с углами в плане  $\phi=45^\circ$  и  $\phi_1=45^\circ$ . В соответствии с рекомендациями [1] и [3] период стойкости инструмента [4] принят  $T=15$  мин. Задачу решим для припусков на обработку, равных 8 мм и 2 мм.

Вначале сравним режимы резания по рассматриваемым методикам при снятии относительно большого припуска 8 мм, который часто встречается при точении заготовок, получаемых ковкой или литьем.

Для базового варианта по рекомендациям справочника [2] припуск рекомендовано снимать за один проход. В этом случае для глубины резания  $t = 8$  мм принимаем подачу  $s = 0,8$  мм/об и назначаем расчетную скорость резания  $v = 160$  м/мин. При таких значениях параметров режима резания мощность резания составит  $N = 24,8$  кВт. Для станка с мощностью 10 кВт необходимо сделать перерасчет режима резания. По-

сле перерасчета параметры режима резания будут равны:  $s = 0,8$  мм/об;  $v = 55$  м/мин. Объем снятого материала за единицу времени  $Q = 352$  см<sup>3</sup>/мин.

Время обработки одной детали  $t_{шт}$  [1] определяется по формуле

$$t_{шт} = (L_g + L + L_{II}) / n * s, \quad (4)$$

где  $L_g, L, L_{II}$  – соответственно длины врезания, обрабатываемой поверхности и перебега;  $n$  – частота вращения шпинделя, об/мин.

Получим

$$t_{шт} = (2 + 150 + 2) / (175 * 0,8) = 1,1 \text{ мин} = 66 \text{ с.}$$

Фирма «SANDVIK COROMANT» [5] рекомендует в качестве инструмента квадратную пластинку SNMM120416-QR из твердого сплава 4035 (маркировка по [5]). Для глубины резания  $t = 8$  мм, из диапазона рекомендуемых подач принимаем подачу  $s = 0,9$  мм/об и скорость резания  $v = 122$  м/мин при стойкости инструмента  $T = 15$  мин. В этом случае мощность резания составляет  $N = 24,4$  кВт. В соответствии с рекомендациями фирмы, уменьшаем скорость резания до  $v = 50$  м/мин, при которой мощность резания составит –  $N = 10$  кВт. Объем снятого материала за единицу времени  $Q = 358$  см<sup>3</sup>/мин, а время обработки  $t_{шт} = 1,07$  мин = 64 с.

В каталоге фирмы «ISCAR» [9] для глубины резания  $t = 8$  мм предлагаются квадратная пластина SNMG 19 06 16 и марка твердого сплава IC635. Рекомендуемые параметры режима резания:  $s = 0,6$  мм/об;  $v = 67$  м/мин. Мощность резания составляет  $N = 10$  кВт, а объем снятого материала за единицу времени –  $Q = 321$  см<sup>3</sup>/мин. Время обработки  $t_{шт} = 1,2$  мин = 72 с.

По предлагаемой методике, основанной на решении уравнений (1) и (2), получаем следующие параметры режима резания:  $s = 2,8$  мм/об;  $v = 116,7$  м/мин;  $t = 1,65$  мм. Объем снятого материала за единицу времени  $Q = 539$  см<sup>3</sup>/мин. В этом случае для снятия полного припуска необходимо выполнить 5 рабочих ходов инструмента. При скорости холостого хода инструмента при его отводе  $V_{хх} = 5$  м/мин время обработки детали  $t_{шт} = 0,9$  мин = 54 с. Результаты сравнения методик назначения параметров режима резания по объему снимаемого материала и по  $t_{шт}$  показаны на рис. 1.

Таким образом, по штучному времени производительность процесса обработки, выбранного по предлагаемой авторами методике, на 22% выше, чем для традиционной методики и на 19% и 34% выше, соответственно, для «SANDVIK COROMANT» и ISCAR. Для данного результата следует заметить, что многопроходная обработка является более производительной потому, что при постоянной мощности резания и малых глубинах резания, появляется возможность увеличить подачу. Причем подача увеличивается в большей степени, чем снижается глубина резания. В результате увеличивается объем  $Q = v * s * t$  и снижается время обработки.

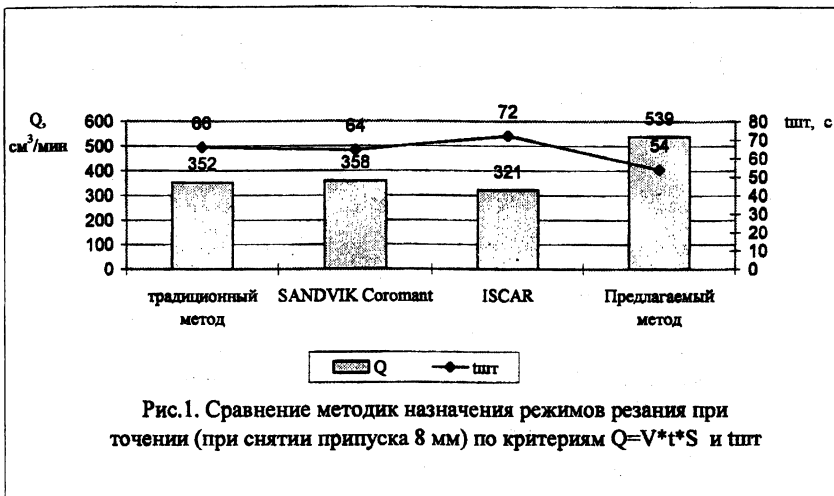


Рис.1. Сравнение методик назначения режимов резания при точении (при снятии припуска 8 мм) по критериям  $Q=V \cdot t \cdot S$  и  $t_{шт}$

По методике, изложенной в работе [6], для глубины резания  $t=2$  мм выбрана максимальная подача  $s=1,1$  мм/об. Расчетная скорость резания при стойкости  $T=15$  мин, равна 170,8 м/мин. Мощность резания  $N=8,6$  кВт, что удовлетворяет условию  $N \leq 1,3 \eta N_{ст}$  [1]. Объем снятого материала за единицу времени 375,8 см³/мин. Время обработки  $t_{шт}=0,26$  мин=15,4с.

Фирма «SANDVIK COROMANT» для глубины резания  $t=2$  мм рекомендует квадратную пластину SNMM 19 06 24 PR из твердого сплава 4015 [7]. Выбираем подачу  $s=1,2$  мм/об и скорость резания  $v=161$  м/мин. Мощность резания составляет 10 кВт, объем снятого материала за единицу времени 387 см³/мин. Время обработки  $t_{шт}=0,25$  мин=15с.

В каталоге фирмы ISCAR [9] для глубины резания  $t=2$  мм предлагаются следующие параметры режима резания: подача  $s=0,35-0,7$  мм/об, скорость резания  $v=120-230$  м/мин. Исходя из ограничения по мощности выбираем подачу  $s=0,7$  мм/об, скорость резания  $v=230$  м/мин. Мощность резания в этом случае 10 кВт, объем снятого материала за единицу времени - 323 см³/мин, время обработки  $t_{шт}=0,3$  мин=18с.

При назначении режима резания по предлагаемой авторами методике снова решается система уравнений (1) и (2). Для глубины резания  $t=2\text{мм}$  получены следующие параметры режима резания: подача  $s=2,22\text{мм/об}$ , скорость резания  $v=114\text{ м/мин}$ . Мощность резания в этом случае  $9,98\text{ кВт}$ , объем снятого материала за единицу времени -  $506\text{ см}^3/\text{мин}$ , время обработки  $t_{\text{шт}}=0,2\text{мин}=11\text{с}$ .

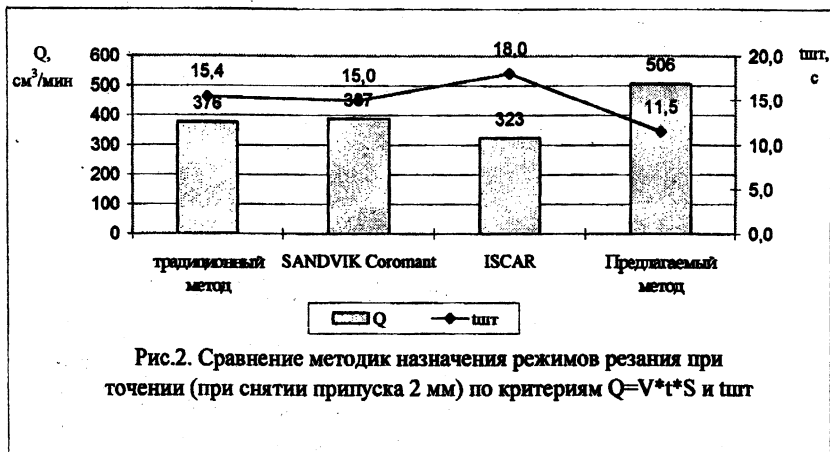


Рис.2. Сравнение методик назначения режимов резания при точении (при снятии припуска 2 мм) по критериям  $Q=V \cdot t \cdot S$  и  $t_{\text{шт}}$

Исходя из проведенных расчетов, можно констатировать, что наибольшую производительность при снятии припуска 2 мм, при ограничении по мощности обеспечивает предлагаемый авторами метод назначения параметров режима резания (рис 2). Производительность для данного метода на 35% выше чем для традиционного метода, на 31% выше метода, рекомендуемого “SANDVIK COROMANT”, и на 57% выше, чем для методики, предлагаемой фирмой “ISCAR”.

Следует, однако, заметить, что относительно большая подача, которая применяется по предлагаемому авторами методу, может явиться причиной значительной шероховатость на обработанной поверхности в виде винтовой поверхности. Но для чернового прохода это является несущественным фактором, поскольку шероховатый слой снимается при чистовых проходах. Более того, данная шероховатость способствует дроблению стружки при последующем проходе.

Учитывая изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Для обеспечения максимальной производительности при черновой токарной обработке выгоднее работать с увеличенными подачами, как при съеме малого припуска, так и при съеме большого припуска с применением многопроходной обработки.

2. При назначении параметров режима резания по справочникам и каталогам почти невозможно достичь максимальной производительности, если существует ограничение по мощности имеющегося оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учеб. Для вузов. - Мн.: Вышэйшая школа, 1990. - 512с.
2. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/ В.И. Баранчиков, А.В. Юдинов и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. - М.: Машиностроение, 1990. - 400с.
3. Гжиров Р.И., Серебренницкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. - Л.: Машиностроение, 1990. - 591с.
4. Шарин Ю.С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 1986. - 176 с.
5. Соусеу. Руководство по повышению производительности. Точение - фрезерование - сверление.: Каталог SANDVIK COROMANT, 6-е издание. - 2000. - 216 с.
6. Бачанцев А.И., Туромша В.И. Повышение эффективности обработки на токарных станках с ЧПУ // Машиностроение. - Мн., 2001. - Вып. 17. - С. 9-15.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. - Т.2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. - 496с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник/ В 2-х т. : Т. 1 / А.Д. Локтев, И.Ф. Гушин и др. - М.: Машиностроение, 1991. - 640с.
9. ISCAR LANE Plus. Каталог ISCAR. -1998.- 250 с.

УДК 621.91.04

В.А. Данилов, Р.А. Киселев

### ПРОГРЕССИВНЫЕ СХЕМЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПЛОСКИХ ПЕРЫВИСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Полоцкий государственный университет  
Новополоцк, Беларусь*

Высокая трудоемкость изготовления деталей, имеющих на торцах прерывистые поверхности с периодическим зубчатым профилем (муфты, роторы, индукторы и т.д.), обуславливает необходимость создания технологий, основанных на прогрессивных методах формообразования. Для традиционных технологий с периодическим движением деления характерны низкая производительность и невысокая точность, что особенно проявляется с увеличением числа нарезаемых зубьев. Более эффективны схемы обработки с совмещенными движениями формообразования и деления, выполняемыми непрерывно в течение обработки всех зубьев (пазов). При непрерывном делении для формообразования зубьев по длине необходимо сложное исполни-