

функцию оптимизации отношения стоимости оборудования и инструмента. При отсутствии положительных результатов при оптимизации режимов резания предложен путь поиска оптимальных решений связанный изменением маршрута обработки и конструкции инструмента.

Полученные результаты необходимо учитывать при конструировании комбинированных инструментов при назначении длин и диаметров ступеней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажар А.В., Кочергин А.И. Использование и оптимизация условий эксплуатации комбинированных осевых инструментов. Машиностроение – Мн., 2002 – Вып. 18 – с. 34 - 42.
2. Н.В. Жарликов. Комбинированные режущие инструменты. М.: Машиностроение, 1961 г. с.78.
3. Максимов М.А., Киселева Л.П., Шмелев А.Я. Комбинированные режущие инструменты. Учебное пособие. г. Горький, 1977. – 69с.
4. Дашенко А.И., Шмелев А.И. Наладка агрегатных станков: Учебник для технических училищ. М.: Высш. школа, 1982 - 152 с.
5. Черпаков Б.И. Эксплуатация автоматических линий.: Пособие для инженерно-педагогических работников профессионально-технических училищ. М.: Машиностроение, 1990 - 304 с.
6. Bohren mit KOMET. Das übersichtliche Nachschlagewerk mit allen Detailsund techischen Daten 6/2002, 257 с.
7. KENNAMETAL HERTEL. Обзор производственной программы. Режущий и вспомогательный инструмент. 2002 – 92 с.
8. Общий каталог ISCAR. 10/2005, ил.
9. Каталог “Walter”. 2008, ил.
10. Каталог “Sandvik Coromant”. Вращающийся инструмент. 2008, ил.
11. Аверченков В.И. и др. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: Учеб. Пособие для вузов / В.И. Аверченков, И.А. Каштальян, А.П. Пархутик. – Мн.: Выш. шк., 1993. – 288 с.: ил.
12. Протяжки для обработки отверстий / Д.К. Маргулис, М.М. Тверской, В.Н. Ашихмин и др. – М.: Машиностроение. 1986. – 232 с., ил. – (Библиотека инструментальщика).
13. Расчеты экономической эффективности новой техники. Л.: Машиностроение, 1975 – 432 с.
14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
15. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. Справочник: В 2-х т. т.1 / А.Д. Локтев, И.Ф. Гуцин, В.А. Батуев и др.- М.: Машиностроение, 1991г. – 640с., ил.
16. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения – М.: Машиностроение, 1972. – 216 с.

УДК 621.94

Бачанцев А.И., Ильютик А.А., Туромша В.И.

ОСОБЕННОСТИ НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Ведущие производители современного инструмента и инструментальных материалов: Sandvik Coromant, Mitsubishi, Iscar, SECO на протяжении многих лет разрабатывают новейшие инструменты и инструментальные материалы с целью улучшения качества и эффективности процесса резания. И основной практической задачей, особенно для предварительной обработки, является увеличение производительности. С 60-х годов прошлого века в споре «силовиков» и «скоростников», в связи с появлением твердых сплавов, победу одержали «скоростники», то есть те, кто рекомендовал повышать производительность за счет увеличения скорости резания. Эта тенденция незримо существует и до сегодняшнего дня.

Но если проследить динамику изменения скорости резания за последние более чем 20 лет, то можно заметить, что с момента возникновения твердых сплавов, большого скачка численного значения скорости не произошло. Так в 1984 году фирма Sandvik Coromant предлагала для предварительной обработки стали типа 01.2 (аналог Стали 45) скорости в диапазоне

120 - 170 м/мин, в 1996 – 200-260 м/мин, в 2000 – 205-340 м/мин, в 2008 250-360 м/мин. Данные скорости рекомендованы для различных твердых сплавов, разработанных для своего периода. Это говорит о том что, тенденция увеличения скорости резания для обработки стали данной группы протекает с небольшим положительным эффектом с постепенным затуханием.

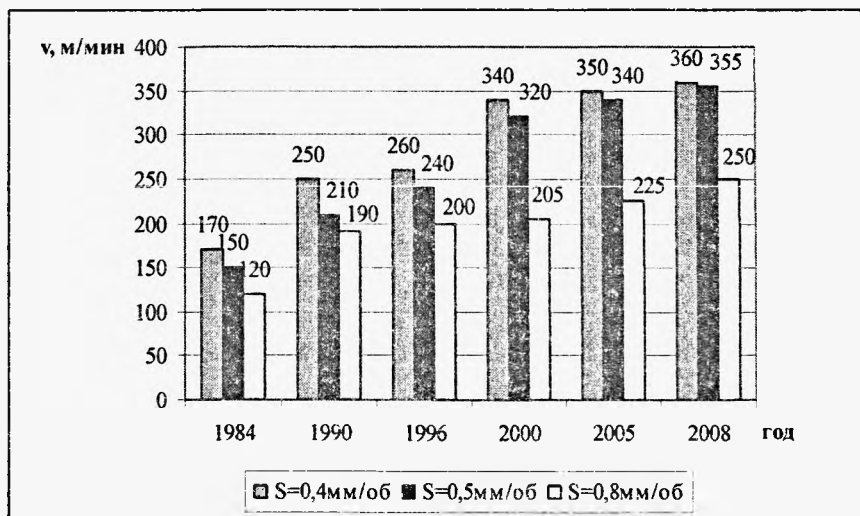


Рис. 1. Динамика изменения рекомендуемой скорости резания для черновой обработки стали 45

В [6] сказано, что в наибольшей степени на производительность влияют скорость резания и подача – при повышении скорости на 20%, производительность повышается на 15%, в отличие от повышения производительности на 1% при увеличении стойкости инструмента на 50% [7]. Исходя из этого, по таблицам выбирают рекомендуемую скорость, с учетом материала СМП, формы СМП, подачи и глубины резания. Указанные режимы резания рассчитаны для стойкости инструмента 15 мин и декларируются как оптимальные, так как обеспечивают оптимальную производительность при наименьшей себестоимости [6].

Но необходимо также сказать, что режимы резания определенным образом влияют на мощность резания. Поэтому, одной из главных особенностей назначения режимов резания на машиностроительных предприятиях на данный момент является зависимость назначаемых режимов резания от мощности установленного оборудования.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт},$$

где V – скорость резания, м/мин; P_z – сила резания, Н;

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где C_p, x, y, n, K_p – коэффициенты, зависящие от материала и условий обработки. Для данного материала (Сталь 45) значения коэффициентов будут следующие: C_p = 300; x = 1; y = 0,75, n = - 0,15, K_p = 1,09.

Рекомендуемый диапазон скоростей: для получистовой обработки: 210 - 320 м/мин; для черновой обработки: 180 - 320 м/мин.

Для данных скоростей рекомендуют следующие диапазоны t и S:

- получистовая обработка t = 0,5 – 5 мм; S = 0,15 – 0,5 мм/об;
- черновая обработка t = 1,5 – 6 мм; S = 0,3 – 0,8 мм/об.

Как пример, назначим режимы черновой обработки для заготовки типа «Вал» при условии снятия припуска 6 мм. Для этого по каталогу [7] подберем рекомендуемые пластины и режимы обработки:

Пластина CNMM 16 06 08 – PR, при диапазоне глубин резания $t = (0,7 - 9,5 \text{ мм})$ и подач $S = (0,2 - 0,55 \text{ мм/об})$ рекомендуемые значения $t = 6 \text{ мм}$, $S = 0,4 \text{ мм/об}$. Скорости резания в данном случае зависят от материала сменной пластины:

для материала GC4015 $V=355 \text{ м/мин}$;

для материала GC4225 $V=305 \text{ м/мин}$;

для материала GC4235 $V=185 \text{ м/мин}$;

Для пластины CNMM 16 06 12 – PR, при диапазоне глубин резания $t = (1 - 9,5 \text{ мм})$ и подач $S = (0,2 - 0,55 \text{ мм/об})$ рекомендуемые значения $t = 6 \text{ мм}$, $S = 0,5 \text{ мм/об}$. Скорости резания в данном случае зависят от материала сменной пластины:

для материала GC4015 $V=320 \text{ м/мин}$;

для материала GC4225 $V=275 \text{ м/мин}$;

для материала GC4235 $V=170 \text{ м/мин}$;

Для пластины CNMM 16 06 16 – PR, рекомендуемые значения $t = 6 \text{ мм}$, $S = 0,55 \text{ мм/об}$. Скорости резания в данном случае зависят от материала сменной пластины:

для материала GC4015 $V=305 \text{ м/мин}$;

для материала GC4225 $V=265 \text{ м/мин}$;

для материала GC4235 $V=160 \text{ м/мин}$;

По зависимостям, приведенным выше, рассчитываем мощность резания для каждого случая, а результаты расчета показаны на рис. 2.

Данная деталь может обрабатываться на станке с ЧПУ типа 16K20Ф3 мощность 10 кВт или аналогичных зарубежных моделях DL CNC 500/1390, DL CNC 500/1900, DL CNC 610, Turnforce 4580, мощность которых 11 кВт. Стоимость зарубежных станков: Turnforce 4580 – 92000 евро; серия DL стоит от 36800 до 40800 евро. Как видно по мощности эти станки не подходят для обработки с рекомендуемыми режимами.

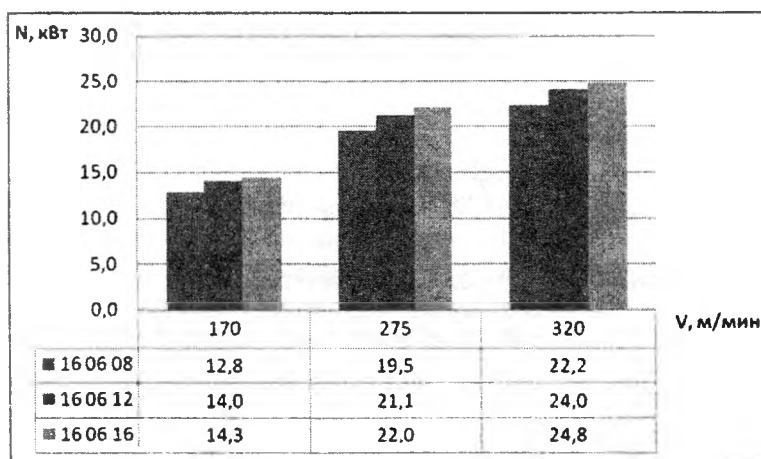


Рис. 2. Мощность резания для различных режимов обработки

Для решения этой задачи можно купить другое оборудование, с большей мощностью, но это решение должно быть экономически обосновано, так как более мощное оборудование, например DL CNC 100.50 с мощностью привода главного движения 22 или 26 кВт, стоит уже 160500 евро. Другой способ решения – корректировка режимов обработки. Например, при неизменной глубине резания t и подаче S , уменьшить скорость резания V , до значения при котором привод главного движения (с учетом к.п.д. привода 0,85), будет обеспечивать обработку. При $V=115 \text{ м/мин}$, при использовании пластины CNMM 16 06 08 – PR, мощность резания для

всех материалов будет равна 8,5 кВт (для привода с мощностью 10кВт). При уменьшении подачи до значения $S=0,11$ мм/об, при неизменных глубине резания t и скорости резания V , для той же пластины, мощность резания будет равна 8,4 кВт.

При этом данные режимы будут обеспечивать разную производительность обработки Q которая определялась по зависимости:

$$Q = V \cdot S \cdot t,$$

где Q - производительность, см³/мин; V - скорость резания, м/мин; S - подача, мм/об; t - глубина резания, мм.

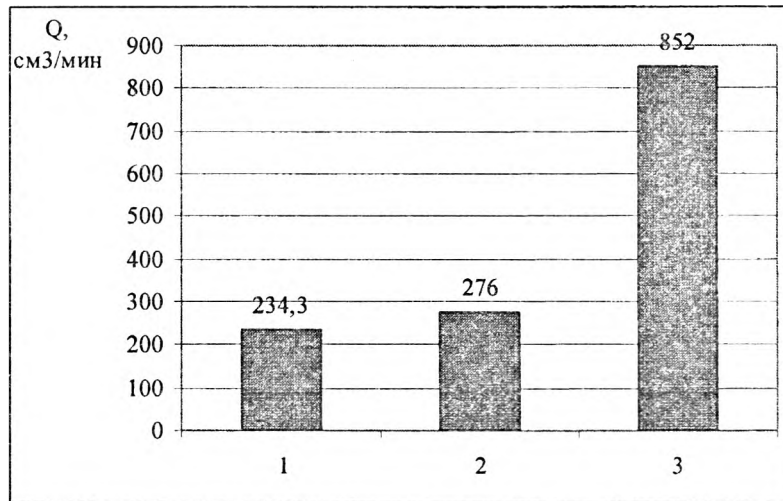


Рис. 3. Производительность черновой обработки

На рис. 3 можно видеть, как изменилась производительность при изменении режимов обработки - скорости (столбик 2) и подачи (столбик 1), по сравнению с производительностью обработки с режимами, рекомендуемыми в каталоге без учета мощности оборудования (столбик 3).

Если корректировать глубину резания, то обработку нужно будет производить за несколько проходов. В этом случае для сравнения производительности будем использовать время обработки $T_{маш}$ (мин).

$$T_{маш} = \frac{L}{sn} \times \frac{\delta}{t},$$

где t - глубина резания, мм; L - длина одного рабочего хода инструмента, 150 мм; s - подача, мм/об; δ - припуск, мм; n - частота вращения заготовки, $мин^{-1}$ $n = \frac{1000v}{\pi D}$,

где D - диаметр заготовки, 200 мм; v - скорость резания, м/мин,

Sandvik Coromant рекомендует работать пластинами Wiper с увеличенными подачами. поэтому по рекомендациям 7 назначим режимы обработки для глубины резания $t=3$ мм.

Пластина CNMM 16 06 12 - WR, при диапазоне глубин резания $t = (1,2 - 6$ мм) и подач $S = (0,42 - 1,2$ мм/об) рекомендуемые значения $t = 3$ мм, $S = 0,8$ мм/об. Скорости резания в данном случае зависят от материала сменной пластины - для материала GC4015 $V=270$ м/мин;

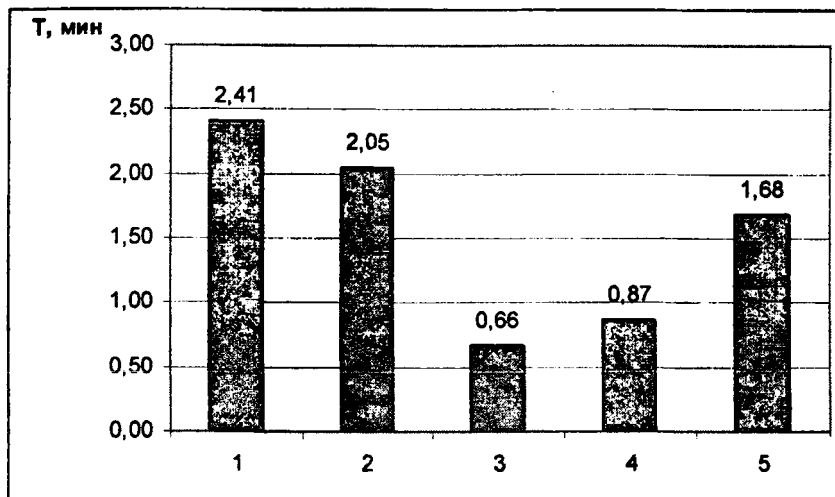


Рис. 4. Сравнительная оценка производительности для различных видов черновой обработки

На рис. 4 показана производительность по времени обработки. Столбики 1,2,3 отображают условия обработки аналогичные рисунку 3, а далее показана производительность двухпроходной обработки пластиной Wiper с ограничением скорости (столбик 5) и для режимов $t = 3$ мм, $S = 0,8$ мм/об. $V=270$ м/мин.

Вывод:

1. Производительность черновой обработки при режимах, назначенных по рекомендациям Sandvik Coromant, выше в том случае, когда нет ограничения оборудования по мощности.
2. Для оборудования с определенной мощностью, в большинстве случаев, рекомендуемые режимы обработки необходимо корректировать, существенно уменьшая производительность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын, П.И. Еременко, М.Л. Фельдштейн Е.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учеб. Для вузов. - Мн.: Выш. Шк., 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., Серебrenицкий 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. CoroCeу . Руководство по повышению производительности. Точение - фрезерование - сверление., Каталог SANDVIK COROMANT, 6-е издание 2000. - 216 с. 6. CoroCeу . Просто выбрать. Легко работать. Точение - фрезерование - сверление., Каталог SANDVIK COROMANT, 2007. - 210 с. 7. Бачанцев А.И., Туромша В.И. Повышение эффективности обработки на токарных станках с ЧПУ: Машиностроение: Сб. научн. Трудов. Вып. 17. Под ред. И.П. Филонова. - Мн.: УП «Технопринт». 2001. С. 9-15. 8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. - Т 2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 496 с. 9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник/ В 2-х т. : Т. 1 / А.Д. Локтев, И.Ф. Гушин и др. - М.: Машиностроение, 1991. - 640с. 10. ISCAR LANE Plus. Каталог ISCAR. 1998. 250 с.