

УДК 621.941.01

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ МОЩНОСТИ РЕЗАНИЯ ПРИ ЧЕРНОВОМ ТОЧЕНИИ РАЗНЫМИ ФОРМУЛАМИ

Константин Алексеевич Карпов

*Студент 5 курса,
кафедра «Технологии машиностроения»
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Брылев,
старший преподаватель кафедры «Технологии машиностроения»*

Ключевые слова: *точение, режимы, мощность.*

Одним из этапов проектирования операции механической обработки заготовки является назначение режимов резания. К ним относятся:

- Глубина резания
- Подача
- Скорость резания
- Количество оборотов в минуту
- Мощность

В качестве проверки возможности осуществления процесса резания, с выбранными режимами на токарном станке, является сравнение расчётной мощности с мощностью электродвигателя. Эта проверка наиболее важна при черновой обработке заготовки, т.к. превышение расчётной мощности над мощностью электродвигателя может привести к остановке процесса резания. Кроме того может перегреться электродвигатель привода.

На сегодняшний день существует различные подходы для расчета не только режимов резания, но мощности. Рассмотрим различные методики расчёта мощности резания и сравним их.

Традиционно для расчёта мощности можно использовать формулу из справочника технолога машиностроителя том 1.

В качестве исходных данным рассмотрим процесс обработки вала на токарном станке. Вал консольно закрепляется в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.

1. Расчет мощности резания на токарном станке с использованием формул из справочника технолога-машиностроителя том 2 под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова

Обработку производим на токарном станке модели 16K20.

Инструмент: Резец проходной с углом в плане 45°. Материал режущей части резца - T15K6.

1. Находим длину рабочего хода суппорта:

$$L_{p.x} = L_{рез} + y + L_{доп} = 54 + 3 + 0 = 57 \text{ мм};$$

где,

$L_{рез} = 54 \text{ мм}$ - длина резания;

$y = \text{уврез} + \text{уподв} + \text{упер} = 3 \text{ мм}$ – длина врезания, подвода и перебега инструмента.

$L_{доп}$ – дополнительная длина хода, вызванная в отдельных случаях особенностями наладки и конфигурацией детали.

2. Назначаем глубину резания:

$$t = 4 \text{ мм}.$$

3. Назначаем подачу суппорта на оборот шпинделя:

$$S_o = 0,3 \text{ мм/об.}$$

4. Определение периода стойкости инструмента:

$$T = 60 \text{ мин.}$$

5. Расчёт скорости резания, допускаемой режущими свойствами резца:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,3^{0,4}} \cdot 1,83 \cdot 0,9 \cdot 1 = 207,8 \text{ м/мин;}$$

где,

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv};$$

$K_{mv} = (750/\sigma_b)^{pv} = (750/410)^1 = 1,83$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания;

$K_{nv} = 0,9$ - поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{uv} = 1$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала режущей части инструмента;

6. Расчёт частоты вращения шпинделя станка:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 181,3}{\pi \cdot 50} = 1322 \text{ об/мин}$$

Уточняем полученное значение частоты вращения по паспорту станка:

Принимаем $n_{\text{факт}} = 1250 \text{ об/мин}$

7. Уточняем скорость резания по принятой частоте вращения:

$$v_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 1250}{1000} = 196,4 \text{ м/мин}$$

8. Определяем основное машинное время обработки:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{57}{1250 \cdot 0,3} = 0,15 \text{ мин.}$$

9. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p C_p = 300; x=1,0; y=0,75; n=-0,15$$

Поправочный коэффициент $K_p = K_{mp} \cdot K_{fv} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{tr}$

$$K_{mp} = (\sigma_b/750)^{0,75} = (410/750)^{0,75} = 0,63 \text{ – коэффициент, учитывающий материал заготовки}$$

$K_{fp} = 1,0$ – коэффициент, учитывающий главный угол в плане ([2], с. 275, табл. 23)

$K_{\gamma p} = 1,25$ – коэффициент, учитывающий передний угол ([2], с. 275, табл. 23)

$K_{\lambda p} = 1$ – коэффициент, учитывающий угол наклона лезвия ([2], с. 275, табл. 23)

$K_{tr} = 0,93$ – коэффициент, учитывающий радиус при вершине ([2], с. 275, табл. 23)

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fv} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{tr} = 0,63 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,67$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 196,4^{-0,15} \cdot 0,67 = 1476 \text{ Н}$$

10. Мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1476 \cdot 196,4}{1020 \cdot 60} = 4,7 \text{ кВт.}$$

2. Расчет мощности резания на токарном станке с использованием формул из учебного пособия: А.С. Сандлер, «Электропривод и автоматизация металлорежущих станков»

Для осуществления процесса резания будет задействован привод главного движения, поэтому потребляемая мощность будет расходоваться не только на процесс резания, но и на трение в узлах станка.

$$N_{\text{гл.п.}} = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60 \cdot \eta_{\text{гл.п.}}} = \frac{1476 \cdot 196,4}{1000 \cdot 60 \cdot 0,71} = 6,67 \text{ кВт}$$

где $N_{г.п.}$ – мощность привода главного движения;
 $\eta_{г.п.} = 0.71$ - КПД главного привода.

3. Расчет мощности резания на токарном станке с ручным управлением с использованием формул фирмы SECO

$$\text{Потребляемая мощность резания } P_c = \frac{\alpha \cdot \chi \cdot V_c \cdot k_c}{60000 \cdot \eta} = \frac{4 \cdot 0.3 \cdot 214 \cdot 1592}{60000 \cdot 0.71} = 9.6 \text{ кВт, где}$$

$$k_c = \frac{1 - 0.01 \gamma_0}{k_{mc}} \cdot k_{c1} = \frac{1 - 0.01 \cdot 15}{0.21^{0.21}} \cdot 1350 = 1592 \text{ Н/мм}^2 \text{ – удельная сила резания}$$

$h = \chi \cdot \sin \alpha_r = 0.3 \cdot \sin 45 = 0.21$ – поправочный коэффициент, учитывающий подачу и главный угол в плане

$\alpha = 4$ мм – глубина резания;

$\chi = 0.3$ мм/об – подача;

γ_0 – главный режущий угол;

α_r – главный угол в плане;

$mc = 0.21$ – поправочный коэффициент, учитывающий материал заготовки [4]

$k_{c1} = 1350$ – сила резания [4].

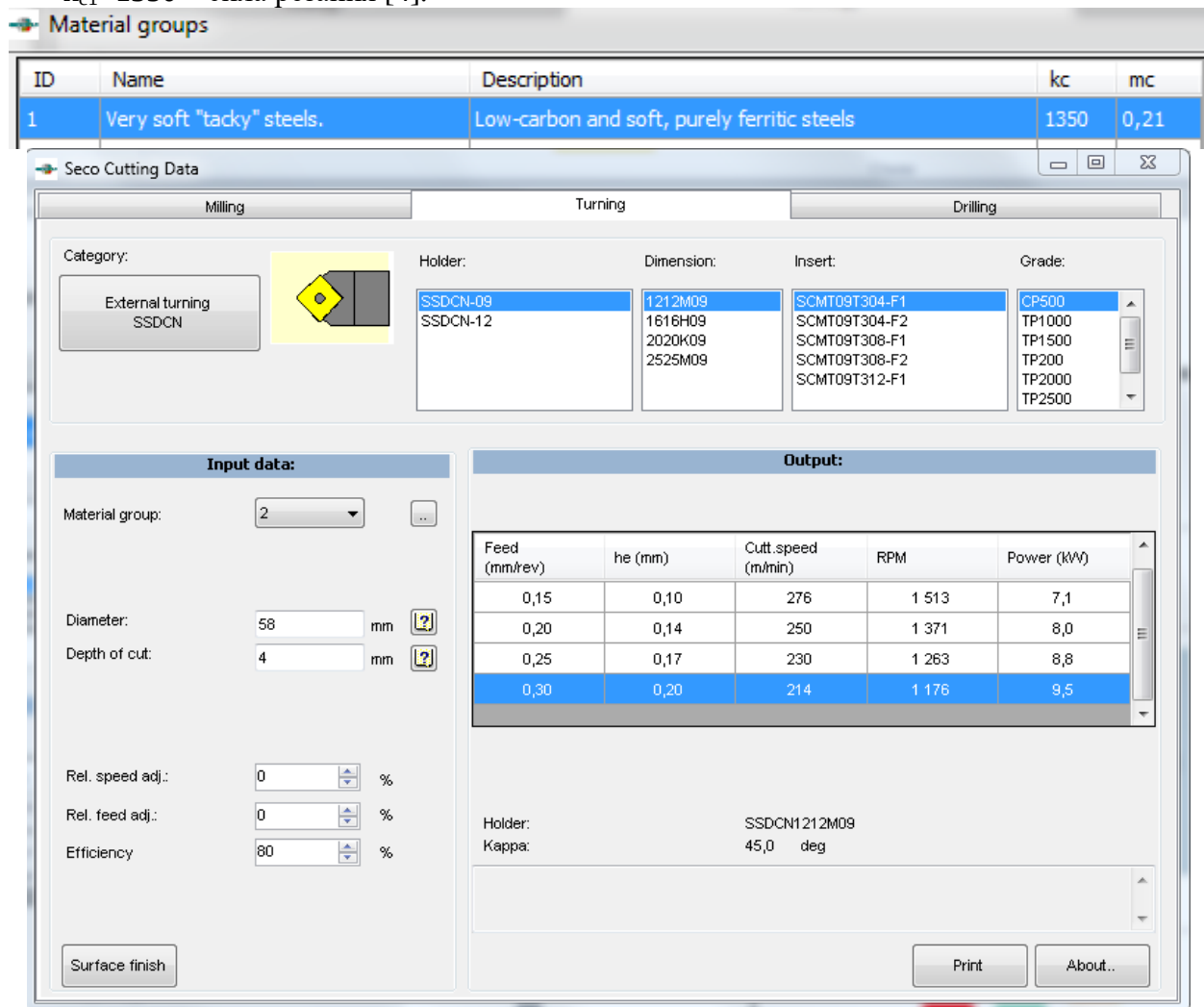


Рис. 2. Инструмент компании Seco

2. Расчет мощности резания на токарном станке с ручным управлением с использованием формул фирмы SANDVIC

Удельная сила резания

k_{c1} — коэффициент, учитывающий свойства материала

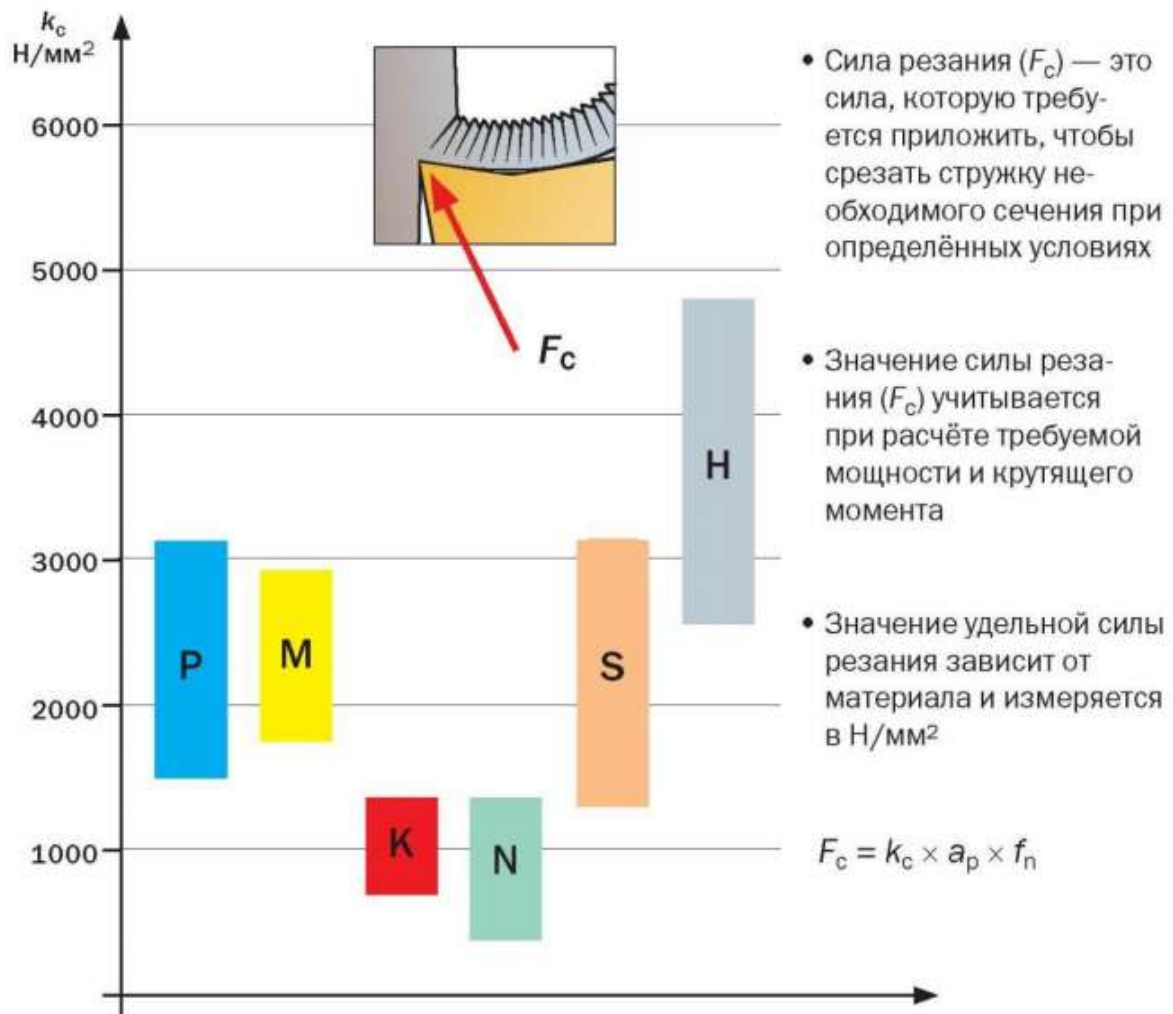


Рис. 3. Силы резания по SANDVIC [4, с. 291]

Значения расчета мощностей в приложении SANDVIK Calculators для удельных сил резания
1500 Н/мм² **3100 Н/мм²**

Power Requirement(Pc) кВт 5.91		Power Requirement(Pc) кВт 12.21	
Диаметр (Dm)	58	Диаметр (Dm)	58
Finished Diameter (Dm)	50	Finished Diameter (Dm)	50
Скорость резания (vc)	197	Скорость резания (vc)	197
Частота вращения шпинделя (n)	1255	Частота вращения шпинделя (n)	1255
Подача на оборот (fn)	0.30	Подача на оборот (fn)	0.30
Глубина резания (ap)	4.00	Глубина резания (ap)	4.00
Длина резания (lm)	54	Длина резания (lm)	54
Главный угол в плане (K _п)	45°	Главный угол в плане (K _п)	45°
Удельная сила резания (kc)	1500	Удельная сила резания (kc)	3100

Рис. 4. Расчет мощности при помощи калькулятора SANDVIK

Таблица 1. Таблица результатов

Методика расчета	расчёта	V, м/мин	n, об/мин	Pz, Н	N, кВт
[1]		197	1250	1476	4,7
[2]		197	1250	1476	6,68
SECO Tools		214	1483	1350	9,6
Sandvik (1500)		197	1255	1800	5,91
Sandvik (3100)		197	1255	3720	12,21

На основе полученных данных можно заключить, что наиболее точные методы расчета мощности являются SECOTools и SandvikCOROMANT. При расчете при помощи этих методов мы учитываем больше факторов влияющих на процесс резания: геометрия инструмента, КПД электродвигателя и передаточных пар станка.

Разница в значениях обусловлена:

- 1) Метод [1] не учитывает КПД станка и геометрию инструмента
- 2) Метод [2] не учитывает геометрию инструмента
- 3) Для расчетов по методу SandvikCOROMANT мы приняли крайние значения «удельной силы резания» для материалов группы сталь (Р по ISO).

Геометрия инструмента: от неё зависит направлений сил резания, их величины, а также их взаимосвязь. При правильном выборе геометрии режущих кромок можно минимизировать затраты на мощность и износ.

КПД: учитывает потери в движении и передаточных парах станка. На современных станках, где применяются мотор-шпиндели, КПД выше, так как меньше передаточных пар.

Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т.2 / ред. А.Г. Косилова, Р.К. Мецераков. М.: Машиностроение, 1986. 657 с.
2. Сандлер А.С. Электропривод и автоматизация металлорежущих станков, М.: Высшая школа, 1969. 296 с.
3. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов/ под ред. В.Э. Пуша. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
4. Каталог Токарная обработка / Seco, 2015. 703 с.
5. SANDVIKCOROMANT. Технология обработки металлов резанием. 2009. 359 с.