

УДК 621.9.014

## Возможности использования показателя обрабатываемости материала в качестве поправочного коэффициента при расчете скорости резания

**Б.Д. Даниленко**

*Анализируется возможность использования показателя обрабатываемости материала резанием в качестве поправочного коэффициента к величине скорости резания. Приведены значения поправочных коэффициентов для различных марок сталей, чугунов, медных и алюминиевых сплавов. Даны некоторые приближенные соотношения между различными показателями физико-механических свойств.*

**Ключевые слова:** обрабатываемость, поправочный коэффициент, твердость, прочность, скорость резания, период стойкости, сталь, чугун, медный сплав, алюминиевый сплав.

## Possibilities to Use the Material Cutability Index as a Factor to Correct Calculated Cutting Speed

**B.D. Danilenko**

*The possibility to use the material cutability index to correct the cutting speed has been analyzed. The values of correction factors are given for various steel grades, irons, copper and aluminium alloys. Several approximate relations between different indices of physical and mechanical properties are given.*

**Keywords:** cutability, correction factor, hardness, strength, cutting speed, period of stability, steel, iron, copper alloy, aluminium alloy.

При выборе режимов резания одним из главных факторов, определяющих уровень значений параметров режима, является обрабатываемость материала детали.

Обрабатываемость материала может характеризоваться многими показателями [1], однако при выборе режима резания обычно используется показатель, характеризующий интенсивность изнашивания рабочих поверхностей инструмента при обработке данного материала по сравнению с интенсивностью изнашивания эталонного материала в тех же условиях. Поэтому в нормативах и рекомендациях по режимам резания обрабатываемость материала чаще всего характеризуется с помощью поправочного коэффициента  $K_M$ , который одновременно является поправочным коэффициентом к выбираемой скорости резания:



**ДАНИЛЕНКО**

**Борис Дмитриевич**

кандидат технических наук,  
доцент

(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

**DANILENKO**

**Boris Dmitrievich**

Candidate of Engineering  
Sciences, Assoc. Prof.

(MSTU named  
after N. E. Bauman)

$$K_M = V_x / V_{\text{эт}}$$

где  $V_x$  — рекомендуемая скорость резания для обработки данного материала;  $V_{\text{эт}}$  — рекомендуемая скорость резания для обработки эталонного материала в тех же условиях и при получении того же значения периода стойкости инструмента.

Коэффициент обрабатываемости  $K_M$ , выступающий в нормативах в роли поправочного коэффициента, характеризует только марку и химический состав обрабатываемого материала, поскольку конкретные физико-механические свойства материала (твердость или прочность) обычно учитываются в нормативах дополнительным поправочным коэффициентом.

Следует отметить, что в некоторых рекомендациях по режимам резания зачастую используется укрупненная характеристика обрабатываемого материала, т. е. не указывается конкретная марка материала, а называется просто группа материала (например, «чугун» или «медный сплав» и т. п.), хотя обрабатываемость разных марок материала внутри группы может сильно отличаться.

Ориентировочные значения коэффициентов обрабатываемости и поправочных коэффициентов к выбранной скорости резания  $K_M$  для различных материалов внутри группы применительно к сталям, медным и алюминиевым сплавам в состоянии поставки приведены в табл. 1–3, соответственно [2].

Коэффициенты обрабатываемости различных видов чугунов внутри группы необходимо обязательно устанавливать с учетом конкретной твердости марки чугуна НВ, поскольку каждый вид чугуна (серый, ковкий и др.) характеризуется своим диапазоном твердости и прочности материала. Поэтому обрабатываемость чугуна и поправочный коэффициент к скорости резания при обработке чугуна можно, в первом приближении, устанавливать по формуле

$$K_M = C_H / \text{HB}^{1,5}$$

Значения  $C_H$  приведены в табл. 4.

Таблица 1

Группа сталей	$K_M$
Эталонная марка, сталь 45, 200 НВ	1,0
Стали повышенной обрабатываемости (типа А20 и др.)	1,2
Стали углеродистые конструкционные (типа 45 и др.)	1,0
Стали низколегированные (типа 40Х, 30Н, 30Г и др.)	0,9
Стали среднелегированные (типа 35ХГСА, 38ХМА, 18ХНВА и др.)	0,75
Стали высоколегированные, жаропрочные, жаростойкие, коррозионно-стойкие (типа 20Х13, 12Х18Н10Т и др.)	0,6

Таблица 2

Группа сплавов Cu	$K_M$
Эталонная марка БрАЖ9-4	1,0
Гетерогенные сплавы:	
бронзы без никеля	1,0
бронзы с никелем	0,9
латуни	1,0
Гомогенные сплавы (бронзы)	1,7
Свинцовистые сплавы при основной гетерогенной структуре (бронзы)	1,3
Сплавы с содержанием свинца менее 10% при основной гомогенной структуре (бронзы)	2,2
Чистая медь	2,6
Сплавы с содержанием свинца более 15% (бронзы)	4,0

Таблица 3

Группа сплавов Al	$K_M$
Эталонная марка, дюралюминий (типа Д)	1,0
Алюминий технической чистоты (типа АД)	0,9
Сплавы с медью (типа АЛ7, АЛ19)	0,9
Силумины:	
типа АЛ2	0,6
типа АЛ4	0,8
Сплавы с марганцем (типа АМц)	1,1
Сплавы с магнием (типа АМг)	1,5
Сплавы с кремнием и магнием (типа АВ)	1,2
Сплавы с кремнием и медью (типа АЛ3, АЛ5, АЛ32, АК5)	0,8
Сплавы с магнием, цинком, медью (типа В95)	0,9
Сплавы с магнием, кремнием, медью (типа АК4, АК6, АК8)	1,1

Таблица 4

Вид чугуна	$C_H$
Серый (эталонная марка СЧ20, 190 НВ)	2 620
Ковкий	2 216
Высокопрочный	3 150
Легированный	2 586

Необходимо указать, что значения коэффициента  $K_m$ , характеризующего обрабатываемость материала по скорости резания, будут несколько различаться в зависимости от вида обработки. Поэтому в нормативах для каждого вида обработки обычно указываются свои значения поправочных коэффициентов, однако эти различия незначительны, не носят принципиального характера и, в первом приближении, допустимо использовать какое-то среднее значение коэффициента  $K_m$ , которое будет характеризовать обрабатываемость данной марки материала для основных видов лезвийной обработки.

Разработанные подробные и полные нормативы и рекомендации по режимам резания для различных видов обработки существуют не для всех обрабатываемых материалов, и в некоторых случаях для выбора приближенных (стартовых) параметров режима можно использовать сравнительные коэффициенты обрабатываемости, позволяющие осуществить переход от одной группы материалов к другой.

Определенный интерес представляют коэффициенты сравнительной обрабатываемости цветных металлов по отношению к стали 45, выбор режимов резания для которой представляет наименьшие трудности.

В таблице 5 приведены условные сравнительные коэффициенты обрабатываемости  $K_m$  бронзы БрАЖ9-4 и алюминиевого сплава Д16 по отношению к стали 45 для некоторых операций механической обработки [3, 4].

Эти материалы обычно считаются эталонными для медных и алюминиевых сплавов.

Таблица 5

Условные коэффициенты сравнительной обрабатываемости цветных металлов по сравнению с обрабатываемостью стали 45

Вид операции	Инструментальный материал	Значение $K_m$	
		для обработки алюминиевого сплава	для обработки бронзы БрАЖ9-4
Точение	БС*	3,2	1,7
	ТС**	2,2	2,7
Сверление	БС	3,9	2,9
	ТС	2,8	1,5

Окончание табл. 5

Вид операции	Инструментальный материал	Значение $K_m$	
		для обработки алюминиевого сплава	для обработки бронзы БрАЖ9-4
Зенкерование	БС	3,0	1,2
	ТС	4,0	1,3
Развертывание	БС	1,1	2,4
	ТС	1,2	2,6
Фрезерование торцевыми фрезами	БС	5,0	1,9
	ТС	2,3	1,4
Фрезерование концевыми фрезами	БС	1,4	1,9
	ТС	1,3	1,3

\* БС — быстрорежущая сталь.

\*\* ТС — твердый сплав.

Для обоснованного выбора параметров режима резания при лезвийной обработке необходимо также знать основные физико-механические свойства обрабатываемого материала, которые через параметры расчетной формулы или поправочные коэффициенты влияют на выбор или расчет значений параметров режима резания.

В производственных условиях обычно используют показатели прочностных свойств, указанные в сертификатах, сопровождающих партии поступающего на обработку материала.

В некоторых случаях свойства заданного материала характеризуются одним показателем, а имеющиеся рекомендации по режимам требуют использования другого показателя свойств, что вызывает определенные трудности при расчете режима резания.

Ниже представлены некоторые справочные сведения, которые, в первом приближении, можно использовать для определения значений механических характеристик в тех случаях, когда они заданы такими показателями, которые невозможно использовать в математических моделях для расчета или выбора режима резания по нормативным таблицам.

В рекомендациях и нормативах по выбору режимов резания чаще всего используются два показателя механических свойств: твердость

в единицах Бринеля (НВ) или предел прочности при растяжении  $\sigma_b$  в мегапаскалях (МПа).

Исследованиями установлено, что для сталей различных марок между твердостью НВ и пределом прочности  $\sigma_b$  существует определенная связь.

Применительно к сталям с точностью, достаточной для практических целей, можно использовать следующие приближенные соотношения между твердостью и прочностью [1]:

- для углеродистых конструкционных сталей  $\sigma_b \approx 2,7$  НВ, МПа;
- для малолегированных сталей  $\sigma_b \approx 3,1$  НВ, МПа;
- для высоколегированных сталей  $\sigma_b \approx 4,1$  НВ, МПа.

В некоторых случаях при выборе режимов резания для обработки материалов с повышенной твердостью в качестве показателя механических свойств используется твердость в единицах Роквелла (HRC) или Виккерса (HV).

Тогда, в первом приближении, можно пользоваться зависимостями, приведенными в табл. 6.

Таблица 6

Для HRC < 23	Для HRC > 23	Для HV < 340	Для HV > 340
НВ = =133 HRC <sup>0,16</sup>	НВ ≈ ≈ 10 HRC	НВ ≈ HV	НВ ≈ ≈10,7 HV <sup>0,6</sup>

В заключение следует отметить, что хотя приведенные выше цифровые показатели могут рассматриваться только как приближенные, их можно использовать для расчета стартовых параметров режима резания.

## Литература

1. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985. 304 с.
2. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. Справочник / А.Д. Локтев и др. В 2 т. М.: Машиностроение, 1991. 640 с.
3. Даниленко Б.Д. Анализ обрабатываемости медных сплавов резанием // Вестник машиностроения. 2008. № 3. С. 86—87.
4. Даниленко Б.Д. Сравнительная обрабатываемость алюминиевых сплавов // СТИН. 2011. № 5. С. 15—18.

## References

1. Granovskii G.I., Granovskii V.G. *Rezanie metallov* [Cutting of metals]. Moscow, Vysshiaia shkola Publ., 1985. 304 p.
2. Loktev A.D. *Obshchemashinostroitel'nye normativy rezhimov rezaniia* [General engineering standards of the cutting]. Spravochnik [Directory]. Moscow, Machine building publ., 1991. 640 p.
3. Danilenko B.D. Analiz obrabatyvaemosti mednykh splavov rezaniem [Analysis machinability of copper alloys cutting]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2008, no. 3, pp. 86—87.
4. Danilenko B.D. Sravnitel'naia obrabatyvaemost' aliuminievykh splavov [Relative machinability of aluminum alloys]. *STIN*, 2011, no. 5, pp. 15—18.

Статья поступила в редакцию 25.10.2012

## Информация об авторе

ДАНИЛЕНКО Борис Дмитриевич (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальная техника и технология». МГТУ им. Н.Э. Баумана (Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: danilenko@bmstu.ru).

## Information about the author

DANILENKO Boris Dmitrievich (Moscow) — Candidate of Engineering Sciences, Assoc. Prof. of «Instruments and Technology» Department. MSTU named after N. E. Bauman (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya, 5, 105005, Moscow Russia, e-mail: danilenko@bmstu.ru).