

Волченков А.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: armitr@yandex.ru*

Этапы оптимизации показателей технического уровня технологических машин

Оценка технического уровня (ТУ) технологической машины основывается на представлении конечных результатов исключительно в количественной форме. Это позволяет сформировать целевую функцию и алгоритм обеспечения ТУ машины на каждой стадии ее жизненного цикла, пригодные для оказания наиболее эффективных регулирующих воздействий.

Пусть данный тип технологической машины в соответствии со своим назначением характеризуется следующими параметрами: Π_1 и Π_2 . Повышение ТУ технологической машины характеризуется увеличением значений этих параметров Π_1 и Π_2 .

Для проведения оценки сформирована группа прототипов из 13 образцов ($A_1 - A_{13}$) и группа оцениваемых машин из 4 образцов ($M_1 - M_4$). Допустим, что значения технических параметров у прототипов A_1 , A_6 , и A_5 , A_{10} совпадают. В качестве прототипов-образцов выделяются лучшие на основе их сопоставления по значениям оцениваемых технических параметров. Оценка соответствия представленных образцов ТУ выделенных прототипов состоит из следующих этапов:

1. Убеждаемся в том, что значения технических параметров оцениваемых образцов удовлетворяют соответствующим стандартам.

2. Каждая оцениваемая машина сопоставляется с каждым прототипом-образцом. Оцениваемый образец M_4 превосходит прототип A_1 по всем техническим параметрам, а каждый из прототипов-образцов A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , $A_8 - A_{13}$ образец M_4 превосходит по одному параметру и уступает по другому. Поэтому оцениваемый образец «не уступает» уровню прототипов-образцов. Однако на данном этапе существует неопределенность отнесения образца M_4 к градациям «превосходит» или «соответствует».

3. Образцы M_1 , M_2 , M_3 уступают прототипу-образцу A_3 по обоим техническим параметрам, но каждый из них превосходит хотя бы один другой образец по одному параметру и уступает ему же по другому параметру. Поэтому каждый из этих образцов «не превосходит» уровень прототипа-образца. Однако существует неопределенность отнесения образцов M_1 , M_2 , и M_3 к градациям «уступает» или «соответствует».

4. Число прототипов-образцов превосходит число используемых технических параметров, поэтому имеющаяся неопределенность в оценках образцов M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , устраняется на данном этапе оценки ТУ. В пространстве технических параметров по всем точкам (наборам значений оцениваемых технических параметров), которые соответствуют образцам A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , A_6 , A_{10} , строится линеаризационная кривая. Число точек, соответствующих прототипам-образцам, допускает возможность использования линейных и степенных линеаризационных кривых. Наименьшую погрешность обеспечивает степенная линеаризация. Ее уравнение имеет следующий вид:

$$\Pi_1 = b\Pi_2^{-a}.$$

Каменский М.Н.

*Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева
301665, Тульская область, г. Новомосковск, ул. Дружбы, 8
MKamensky@yandex.ru*

К вопросу разработки конструкции щековой дробилки

В настоящее время в различных отраслях народного хозяйства получили широкое распространение измельчающие машины, например щековые дробилки, которые способны разрушать нерудные материалы практически всех разновидностей [1, 2]. Рабочими элементами щековых дробилок являются две щеки: неподвижная и подвижная (рис. 1). В процессе работы дробилки поступающий в загрузочную камеру материал дробится за счет сближения щек, а при удалении их друг от друга куски опускаются вниз и выпадают из камеры, а затем поступают на конвейер или в бункер.

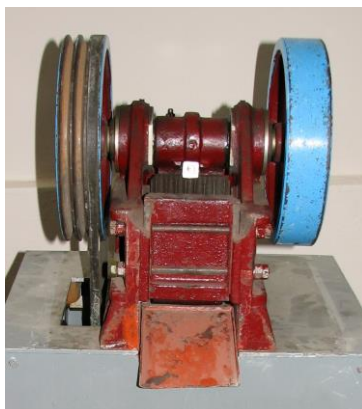


Рис. 1. Общий вид щековой дробилки

Циклический характер работы щековых дробилок (максимальное нагружение при сближении щек и холостой ход при их расхождении) создает неравномерную нагрузку на рабочие элементы. При этом происходит их интенсивный износ, а наибольшему изнашиванию подвержены щеки и футеровочные плиты. Процесс их замены вызывает значительные трудности, так как при этом возникает необходимость разбора ротора дробилки.

В связи с ростом требований к эффективности использования современного оборудования возрастает необходимость увеличения межремонтных циклов измельчающих машин.

Таким образом, в процессе проектирования необходимо разрабатывать конструкции щековых дробилок с обязательным проведением прочностных расчетов в современных САПР и особое внимание необходимо уделить долговечности основных элементов оборудования для обеспечения их надежной эксплуатации.

С целью моделирования работы щековой дробилки, ее конструкция была разработана в системе автоматизированного проектирования. Первыми были разработаны конструкции корпуса, подвижной и неподвижной щек, футеровочных плит, распорной плиты (рис. 2).

В процессе создания модели были использованы инструменты: «вытянутая бобышка/основание», «вытянутый вырез», «круговой массив», «линейный массив».

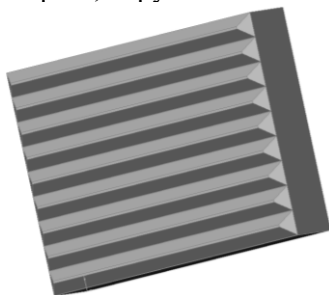


Рис. 2. Разработка конструкции накладки на подвижную щеку

Также в системе автоматизированного проектирования был создан шкив для ременной передачи и с помощью функции «по траектории» разработана конструкция пружины распорной плиты (рис. 3 а, б).

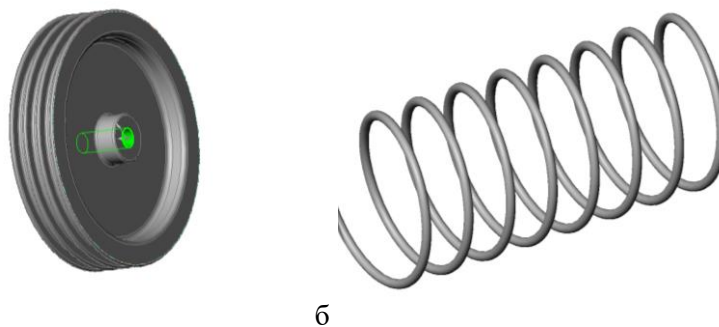


Рис. 3: а) шкиф для ременной передачи; б) пружина для распорной плиты

Далее проводилась сборка элементов дробилки (рис. 4). Причем, при обнаружении ошибок в процессе проектирования или сборке система указывала на это, и просчеты сразу устранялись.

В связи с тем, что количество деталей щековой дробилки значительное, работа проводилась на компьютере с высокими характеристиками оперативной памяти.

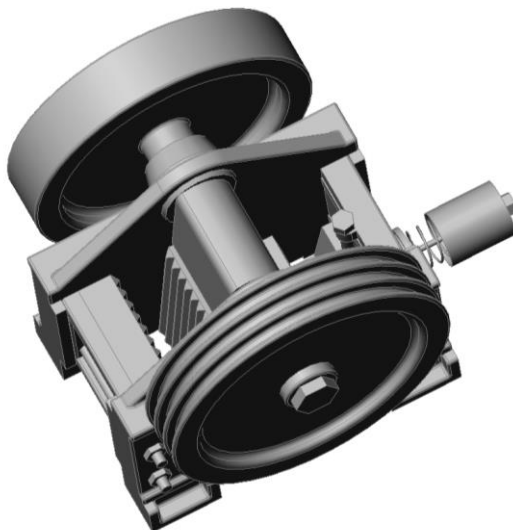


Рисунок 4. Разработанная конструкция щековой дробилки

Разработанная в системе автоматизированного проектирования конструкция щековой дробилки используется в лекционных курсах дисциплин «Технологические машины и оборудование химических производств» и «Системы автоматизированного проектирования» с целью пояснения принципа работы, изучения внутреннего устройства и освоения основных этапов разработки конструкции оборудования в САПР.

Таким образом, разработка оборудования с использованием систем автоматизированного проектирования позволяет определять наиболее рациональные геометрические параметры и конструкционный материал элементов дробилки, обеспечивающие ее высокую производительность и долговечность эксплуатации.

Литература

1. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учеб. пособие / В.Я. Борщев. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2004. 75 с.
2. Поникаров И.И., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки. М: Альфа-М, 2006. 608 с.

КАРПОВ А.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
krash75@mail.ru*

О трактовке понятия «обрабатываемость резанием» и ускоренном методе её определения

Важной технологической характеристикой современных конструкционных материалов является их обрабатываемость резанием, полноценная трактовка которой сопряжена с известными трудностями и допускает инвариантность подходов. Обрабатываемость, в самом общем понимании, характеризует способность материала подвергаться резанию, т.е. глубокой пластической деформации и разрушению сплошности за счёт внедрения режущего клина, отделению стружки и формированию новой поверхности. В первом приближении об обрабатываемости судят по типу, форме и фрагментарности стружки, либо по наличию или отсутствию наростов, проточин, сколов и иных дефектов лезвия эталонного инструмента, а также по достижимому качеству обработанной поверхности в эталонных условиях.

Количественно охарактеризовать обрабатываемость каким-то одним или несколькими показателями свойств материала невозможно, поскольку при обработке резанием они проявляют себя комплексно, в сложном и не до конца выясненном механизме взаимного влияния. Приводимые в справочной литературе значения коэффициентов обрабатываемости $K_{обр}$ различных материалов получены по так называемому "классическому методу" - в результате длительных стойкостных испытаний, направленных на установление значения скорости резания v_{60} , м/мин, заданного материала, при которой эталонный резец в эталонных условиях имеет стойкость $T=60$ мин, и соотношения этой скорости к скорости резания $v_{эт.60}$, м/мин, эталонного материала (сталь 45, $\sigma_B=650$ МПа, HB 179) в тех же условиях.

Методика "классических" стойкостных испытаний регламентирована стандартом ISO 3685:1993 и применяется, главным образом, в отношении новых конструкционных материалов. Табличными значениями $K_{обр}$ пользуются для расчёта оптимальной скорости резания заготовок из соответствующего материала. Истинные же величины обрабатываемости так или иначе отличаются от справочных ввиду "разброса" физико-механических и теплофизических свойств материала среди разных заготовок внутри партии, либо между партиями заготовок. В единичном и ремонтном производстве зачастую значения свойств материала не гарантированы или вовсе не известны. К такому "разбросу" приводят, например, любые отклонения от номинальных технологических условий предшествующей формообразующей и термической обработки заготовок (литьё, ковка, горячая штамповка, сварка, резка, отжиг, нормализация, отпуск, старение, цементация), реальных условий их складирования и хранения, другие случайные факторы [1]. Поэтому использование табличных значений коэффициентов $K_{обр}$ неизбежно влечёт погрешность при назначении скорости резания и, как следствие, приводит к уменьшению фактической стойкости инструмента, либо наоборот - к недоиспользованию его ресурса и снижению производительности [2]. На производстве важно иметь надёжные методы ускоренного определения обрабатываемости, позволяющие для конкретной заготовки или партии заготовок назначать или корректировать технологические режимы с позиций полноценного использования режущего инструмента, обеспечения максимальной производительности и качества обработки.

Ключевым вопросом является трактовка самого понятия обрабатываемости конструкционного материала, а вернее - наиболее корректное понимание этого термина с позиций закономерностей протекания процесса резания. Табличные значения коэффициентов обрабатываемости $K_{обр}$ различных конструкционных материалов, имеющиеся в справочной литературе, получены экспериментальным путём с использованием эталонных токарных резцов. Указывается, что значения $K_{обр}$ могут применяться для расчёта оптимальной скорости резания не только при точении, но и при других видах обработки материала. Последнее утверждение сомнительно, поскольку в основе каждого вида обработки лежит тот или иной

метод формообразования с присущими ему геометрическими, кинематическими, энергетическими закономерностями. Обрабатываемость следует понимать комплексно - и как характеристику материала, зависящую от его свойств, и как характеристику технологического воздействия на материал. При этом необходимо сформулировать качественный классификационный признак, в соответствии с которым многообразие существующих видов обработки материалов лезвийными инструментами можно было бы разделить на некоторое число групп в зависимости от кинематики резания и геометрических особенностей контакта режущего лезвия с заготовкой.

Таким классификационным признаком может выступать закономерность изменения мощности резания N во времени рабочего хода инструмента τ . Нами предложены четыре типовые схемы изменения мощности во времени $N=N(\tau)$ для известных видов обработки резанием [3] и предлагается показатель удельной работы резания e , Дж/мм³, равный отношению работы $A_{рез}$, Дж, совершаемой эталонным режущим инструментом, к результату выполнения этой работы - объёму стружки V , мм³, снятой за время рабочего хода [4]:

$$e = \frac{n_{ц} \cdot A_{ц}}{V} = \frac{60 \cdot n_{ц} \cdot \int_0^{\tau_{ц}} N(\tau) d\tau}{V} = \frac{60 \cdot n_{ц} \cdot k_N \cdot N_{max} \cdot \tau_{ц}}{V} = \frac{60 \cdot k_N \cdot N_{max}}{\Pi}, \quad (1)$$

где Π - производительность стружкообразования (минутный съём), мм³/мин; $n_{ц}$ - число циклов изменения мощности за время рабочего хода; $A_{ц}$ - работа, совершаемая эталонным инструментом за время $\tau_{ц}$, мин, одного цикла полного изменения мощности $N(\tau)$; k_N - коэффициент аппроксимации, позволяющий рассчитать величину $A_{ц}$ как площадь под графиком $N=N(\tau)$ для соответствующей типовой схемы изменения мощности; N_{max} - максимальное значение мощности резания за один цикл её изменения, Вт [5].

Удельная работа резания e , Дж/мм³, представляет собой количество энергии, затрачиваемой режущим клином на пластическое деформирование срезаемого слоя и отделение в виде стружки единицы объёма материала. В эталонных условиях испытаний удельная работа резания может рассматриваться как энергетический показатель обрабатываемости, учитывающий физико-механические и теплофизические свойства материала (комплексно они характеризуются значением мощности резания N), а также результат обработки (производительность Π) и характерные особенности процесса резания (соответствующая схема изменения мощности во времени и коэффициент аппроксимации k_N). Чем меньше величина удельной работы резания, тем лучшей обрабатываемостью обладает материал. Как и в случае "классических" стойкостных испытаний, представляется целесообразным соотнести значение удельной работы резания e , Дж/мм³, испытуемого материала к удельной работе резания $e_{эт}$, Дж/мм³, материала, принятого за эталон.

Значения коэффициентов обрабатываемости некоторых конструкционных сталей группы ISO-P, полученные по предложенному ускоренному методу, отличаются от значений, приводимых в справочниках, не более чем на 6-8%.

Литература

1. Карпов А.В. Определение обрабатываемости резанием конструкционных машиностроительных материалов на основе энергетических закономерностей стружкообразования // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=13311> (дата обращения: 06.12.2018).
2. Игнатов С.Н., Карпов А.В., Распопин А.П. Оценка эффективности лезвийной обработки с использованием безразмерного энергетического критерия // СТИН. № 12. 2004. С. 23-26.
3. Карпов А.В. Показатели энергетической эффективности процесса резания // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2012. № 1. С. 51-59.
4. Karpov A.V. Towards Energy Intensity Reduction of Machining Fabrication Procedures // Applied Mechanics and Materials. Vol. 756 (2015). Pp. 111-115.
5. Karpov A.V. Determining the effective conditions for machining fabrication procedures based on the cutting process energy patterns // Procedia Engineering. Vol. 129 (2015). Pp. 116-120.

КАРПОВ А.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
krash75@mail.ru*

Совершенствование технологических процессов обработки резанием с использованием энергетического критерия эффективности стружкообразования

В течение 2012-2018 гг. в Муромском институте (филиале) Владимирского государственного университета осуществлялась лабораторная апробация структурной и параметрической оптимизации технологических процессов изготовления деталей машин, включающих операции обработки резанием, по критерию наибольшей энергетической эффективности [1, 2]. В качестве комплексной характеристики эффективности процесса резания был применён безразмерный энергетический показатель K – "энергетический КПД", представляющий собой отношение

$$K = \frac{\Delta w \cdot V}{n_{\text{ц}} \cdot A_{\text{ц}}} = \frac{\Delta w \cdot V}{n_{\text{ц}} \cdot \int_0^{\tau_{\text{ц}}} N(\tau) d\tau}, \quad (1)$$

где Δw – удельная энергоёмкость обрабатываемого материала, Дж/мм³, определяемая в зависимости от преобладающего при заданных условиях стружкообразования вида деформации и разрушения срезаемого слоя; V – объём срезаемого слоя; $n_{\text{ц}}$ – число циклов изменения мощности резания $N(\tau)$ в единицу времени; $A_{\text{ц}}$ – работа, совершаемая режущим инструментом за время $\tau_{\text{ц}}$ цикла полного однократного изменения мощности резания [4].

Каждому виду обработки резанием присущи индивидуальные геометрические и кинематические особенности, вследствие которых мощность, развиваемая в зоне резания, не остаётся постоянной во времени рабочего хода инструмента, а изменяется по определённой закономерности $N=N(\tau)$. Нами сформулированы четыре типовые схемы возможного изменения мощности резания во времени рабочего хода инструмента [2]:

- мощность резания не изменяется (т.е. все геометрические и кинематические факторы процесса резания остаются постоянными во времени);
- мощность резания постепенно возрастает до своего максимального значения N_{max} , затем стремительно убывает;
- мощность резания стремительно возрастает до своего максимального значения N_{max} , затем постепенно убывает;
- мощность резания постепенно возрастает до своего максимального значения N_{max} , затем постепенно убывает (параболическая закономерность).

Применяемые в машиностроении технологические методы обработки заготовок лезвийными режущими инструментами (точение, сверление, встречное и попутное фрезерование, протягивание, разрезание, строгание и т.п.) можно отнести к одной из приведённых типовых схем. Типизация реальных закономерностей изменения мощности резания во времени позволила выявить для каждой схемы методику определения величины энергозатрат за время рабочего хода инструмента, т.е. расчёта подынтегрального выражения в (1).

В таблице 1 приведены теоретико-эмпирические выражения для расчёта показателя энергетической эффективности процесса резания K применительно к наружному продольному и поперечному точению конструкционных сталей, серых и ковких чугунов токарными резцами с пластинами из твёрдого сплава и быстрорежущей стали.

Таблица 1

Расчётные выражения показателя энергетической эффективности процесса резания при точении

Вид токарной обработки	Инструментальный материал	Обрабатываемый материал	Расчетное выражение
Точение продольное цилиндрическое	Быстрорежущая сталь	Конструкционная сталь, $\sigma_b \leq 600 \text{ МПа}$	$K \approx \frac{5,556 \cdot 10^{-3}}{k_{\text{оп}} \cdot k_{\text{уп}} \cdot k_{\text{рп}}} \cdot \frac{\sigma_b^{0,65}}{1-1,7 \psi_b} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_s}\right) \cdot s^{0,25} \cdot \left(1 - \frac{t}{D}\right)$
		Конструкционная сталь, $\sigma_b > 600 \text{ МПа}$	$K \approx \frac{7,848 \cdot 10^{-2}}{k_{\text{оп}} \cdot k_{\text{уп}} \cdot k_{\text{рп}}} \cdot \frac{\sigma_b^{0,25}}{1-1,7 \psi_b} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_s}\right) \cdot s^{0,25} \cdot \left(1 - \frac{t}{D}\right)$
	Твердый сплав	Конструкционная сталь	$K \approx \frac{2,204 \cdot 10^{-2}}{k_{\text{оп}} \cdot k_{\text{уп}}} \cdot \frac{\sigma_b^{0,25}}{1-1,7 \psi_b} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_s}\right) \cdot \frac{s^{0,25} \cdot n^{0,15} \cdot (D-t)}{D^{0,85}}$
		Серый чугун	$K \approx \frac{1,136 \cdot 10^{-2}}{k_{\text{оп}} \cdot k_{\text{уп}}} \cdot \frac{\sigma_b^2}{E \cdot HB^{0,4}} \cdot s^{0,25} \cdot \left(1 - \frac{t}{D}\right)$
		Ковкий чугун	$K \approx \frac{1,174 \cdot 10^{-2}}{k_{\text{оп}} \cdot k_{\text{уп}}} \cdot \frac{\sigma_b \cdot \delta}{HB^{0,4}} \cdot s^{0,25} \cdot \left(1 - \frac{t}{D}\right)$
Точение поперечное цилиндрическое (торцовое)	Быстрорежущая сталь	Конструкционная сталь, $\sigma_b \leq 600 \text{ МПа}$	$K \approx \frac{5,556 \cdot 10^{-3}}{k_{\text{оп}} \cdot k_{\text{уп}} \cdot k_{\text{рп}}} \cdot \frac{\sigma_b^{0,65}}{1-1,7 \psi_b} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_s}\right) \cdot s^{0,25}$
		Конструкционная сталь, $\sigma_b > 600 \text{ МПа}$	$K \approx \frac{7,848 \cdot 10^{-2}}{k_{\text{оп}} \cdot k_{\text{уп}} \cdot k_{\text{рп}}} \cdot \frac{\sigma_b^{0,25}}{1-1,7 \psi_b} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_s}\right) \cdot s^{0,25}$
	Твердый сплав	Конструкционная сталь	$K \approx \frac{2,204 \cdot 10^{-2}}{k_{\text{оп}} \cdot k_{\text{уп}}} \cdot \frac{\sigma_b^{0,25}}{1-1,7 \psi_b} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_s}\right) \cdot (Dn)^{0,15} \cdot s^{0,25}$
		Серый чугун	$K \approx \frac{1,136 \cdot 10^{-2}}{k_{\text{оп}} \cdot k_{\text{уп}}} \cdot \frac{\sigma_b^2}{E \cdot HB^{0,4}} \cdot s^{0,25}$
		Ковкий чугун	$K \approx \frac{1,174 \cdot 10^{-2}}{k_{\text{оп}} \cdot k_{\text{уп}}} \cdot \frac{\sigma_b \cdot \delta}{HB^{0,4}} \cdot s^{0,25}$

Величина показателя K зависит от значений физико-механических свойств обрабатываемого материала (σ_b , ψ_b , T_s , E , δ , HB), диаметра заготовки D , геометрических параметров режущего инструмента ($k_{\text{оп}}$, $k_{\text{уп}}$, $k_{\text{рп}}$), режимов резания (t , s , n , v) и температуры T . Таким образом, показатель K отвечает всем требованиям, предъявляемым к критериям оптимизации технологических процессов: выражает КПД процесса резания и, следовательно, обладает физическим смыслом; просто и однозначно описывается в математическом виде; может быть сведён к виду целевой функции $K \rightarrow \max$, аргументами которой являются входные параметры системы резания. При оптимизации процессов обработки резанием по энергетическому критерию K в рассмотрение включается большое число управляемых и неуправляемых факторов обработки. Расчётные выражения показателя K легли в основу оптимизации технологических процессов обработки резанием [3]. В результате оптимизации отмечено сокращение энергетических затрат при осуществлении процессов точения заготовок до 18% по отношению к применявшимся ранее технологическим условиям обработки при обеспечении требуемых значений производительности, стойкости инструмента и качества обработанных поверхностей.

Литература

1. Karpov A.V. Towards Energy Intensity Reduction of Machining Fabrication Procedures // Applied Mechanics and Materials. Vol. 756 (2015). Pp. 111-115.
2. Албагачиев А.Ю., Карпов А.В. Энергетические критерии расчёта рациональных режимов механической обработки // Научные труды VII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики, экономики и права». Книга «Приборостроение». – М.: МГАПИ, 2004. – С. 4-12.
3. Игнатов С.Н., Карпов А.В., Распопин А.П. Оценка эффективности лезвийной обработки с использованием безразмерного энергетического критерия // СТИН. № 12. 2004. – С. 23-26.
4. Карпов А.В. Показатели энергетической эффективности процесса резания // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. Том 14. № 1. 2012. – Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2012. – С. 51-59.

Лазуткин С.Л., Лазуткина Н.А

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23*

Метрологическое обеспечение подготовки в техническом вузе.

На современном уровне развития науки и техники стандартизация и метрология стала - одним из важнейших факторов, определяющем пути темпы совершенствования и интенсификации производства. Непрерывное повышение роли средств метрологического обеспечения в ускорении научно-технического прогресса предъявляет новые требования к качеству подготовки студентов технических специальностей в области стандартизации и метрологии.

Основополагающими документами при организации сквозной метрологической подготовки студентов является Постановление Правительства РФ от 12 февраля 1994 г. N 100 "Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг" и Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-ФЗ

При организации метрологической подготовки студентов необходимо учитывать, что знания и навыки выпускников вуза можно использовать в трёх сферах инженерной деятельности: производственно-эксплуатационной, проектно-конструкторской и научно-исследовательской. В любом из этих видов деятельности современный специалист имеет дело с измерениями, выступая либо как непосредственный участник получения измерительной информации, либо как потребитель, заинтересованный в ее точности и достоверности.

Студент технического, вуза в процессе обучения осваивает около 30 инженерно-технических курсов, содержащих более 120 лабораторных работ, связанных с получением измерительной информации. Значителен объём курсового и дипломного проектирования, который также связан с проведением элементов инженерного эксперимента. При этом формы учебного процесса, метрологическая квалификация преподавательского состава, метрологические свойства и качество учебно-методических материалов и учебного оборудования весьма разнообразны.

Освоение студентами основ метрологических знаний в рамках специально отведенных для освещения этих вопросов курсов, становится явно, недостаточным, а 60-80% специальностей в вузе политехнического профиля - вообще не имеет специализированных в этих областях учебных дисциплин. Учитывая то обстоятельство, что современный бакалавр, в соответствии с компетенциями ГОС, обязан свободно ориентироваться в организационно-технических вопросах метрологического обеспечения и особенно, в области законодательной метрологии, целесообразным является более широкое и активное внедрение метрологических знаний в учебный процесс. При этом следует отметить, что соответствующую подготовку должны иметь все участники процесса обучения: от лаборанта до профессора, а также сотрудники научно-исследовательских подразделений вузов, для работы в которых рекомендуется широко привлекать студентов.

Важное значение для решения задачи метрологического обучения учебного процесса приобретает качество учебно-методического материала. К наиболее часто встречающимся его недостаткам можно отнести следующее:

- отступление от международной системы единиц;
- использование терминологии, несоответствующей государственным, отраслевым стандартам;
- отступление от стандартов в определениях, формулах и пояснениях к ним;
- нарушение при выполнении лабораторных работ и экспериментальных исследований требования единства намерений;

при использовании в процессе измерения нескольких приборов различной точности необоснованно предъявляются требования к суммарной погрешности в соответствии с классом точности более точного прибора;

в учебных курсах и научно-исследовательских работах, связанных с проектированием и конструированием средств измерений, не отражаются вопросы нормирования метрологических характеристик и методов их поверки.

Совершенствование метрологической подготовки студентов - проблема комплексная, включающая в себя вопросы совершенствования паспортов специальностей, учебных планов, учебных программ, содержания лекций, лабораторных работ, практических занятий и учебно-методических материалов, а также совершенствования материально-технической базы для проведения измерений. Поэтому система сквозной метрологической подготовки специалиста должна базироваться на следующих основных положениях:

1. Единство метрологических требований к общетехническим и специальным дисциплинам, обеспечивающее их непосредственную связь с практикой. Например, при изучении дисциплин, математизация которых достигла высокого уровня и предметом изучения которых являются в основном, математические модели, необходимо обращать внимание на возможность постановки соответствующих экспериментов и реальную измеряемость искомых величин, описание процедуры прямых и косвенных измерений. В теоретических дисциплинах, имеющих непосредственное отношение к метрологии, таких как теория планирования эксперимента, идентификация систем и сигналов и др., а также при использовании методов математической статистики необходимо исключить многовариантность методов и способов решений, находящихся в противоречии с требованиями обеспечения единства форм и методов представления результатов измерений по стандартам Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ).

2. Внедрение в учебно-методические и НИРС разработки государственных, и отраслевых стандартов, стандартов учебного заведения, регламентирующих точность измерений, методик выполнения измерений и другие аспекты метрологического обеспечения учебного процесса и научных исследований.

3. Осуществление метрологической экспертизы и нормоконтроля учебно-методической, научно-исследовательской, конструкторской и технической документации, разрабатываемой в вузе.

4. Совершенствование и поддержание на высоком метрологическом уровне материально-технической базы измерений (лабораторные работы, экспериментальные стенды и т.д.).

Постановка метрологической подготовки студентов по перечисленным основным направлениям должно быть составной частью целевой программы по разработке и внедрению комплексной системы управления качеством подготовки специалистов в ВУЗе.

Литвиненко Г.М., Карманова А.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: grishalit@gmail.com

Упрочнение ответственных металлических деталей с элементами зубчатых зацеплений

Одним из основных направлений развития российской экономики на ближайшие годы является создание высокоэффективного технологического оборудования, обеспечивающего выполнение самых разных задач промышленности. При этом необходимо большое внимание уделять к качеству такого оборудования (как его узлов и механизмов, так и отдельных ответственных деталей), которое определяет объем и качество выпускаемой продукции, количество брака и технико-экономические показатели производства. Поэтому важной задачей при создании технологических машин является обеспечение высоких эксплуатационных характеристик ответственных тяжело нагруженных деталей, используемых в их узлах и механизмах. Для этого широко применяется упрочняющая обработка.

Одним из важных узлов практически всех технологических машин являются механические передачи, использующие детали с элементами зубчатых зацеплений. Поверхностное пластическое деформирование (ППД) – известный способ упрочнения металлических деталей машин, обеспечивающий их высокие механические характеристики и не требующий сложного специального оборудования. Наиболее распространенными способами ППД, применяемыми для упрочнения деталей с элементами зубчатых зацеплений, являются накатывание, выглаживание и дробеструйная обработка [1].

Накатывание шарами или роликами чаще всего производится на токарных станках. Деталь в зависимости от ее конструкции закрепляется в центрах или патроне, а обкатное приспособление (обкатник) – в резцедержателе. Давление при накатывании может быть создано тарированной пружиной, а также при помощи пневматического или гидравлического механизма. Накатывание способствует формированию упрочненного слоя глубиной до 2...3 мм, имеющего 50% степень упрочнения и сжимающие остаточные напряжения в пределах 200...500 МПа [2].

При алмазном выглаживании сжимающие остаточные напряжения достигают 500...1400 МПа, глубина их залегания составляет 0,15...0,4 мм. Степень упрочнения после достигает 60%. Высокая твердость алмаза позволяет обрабатывать практически все металлы, в наибольшей степени положительное влияние алмазное выглаживание сказывается на сталях с высокой поверхностной твердостью, в том числе закаленных и цементованных [2].

Дробеструйная обработка способствует образованию упрочненного слоя глубиной до 1...1,5 мм со степенью упрочнения 20...40% и сжимающими остаточными напряжениями 200...1000 МПа, ее преимуществом является возможность местного упрочнения и упрочнение труднодоступных участков детали [2].

Для повышения их долговечности предлагается использование статико-импульсного деформационного упрочнения. Упрочнение статико-импульсной обработкой позволяет получить большую глубину упрочненного поверхностного слоя, достигающую 6-8 мм, что в 2-3 раза превышает глубину упрочнения после известных способов ППД, степень упрочнения до 150 % и сжимающие остаточные напряжения до 1000 МПа [3]. Поэтому ее применение достаточно перспективно для повышения долговечности ответственных тяжело нагруженных деталей машин, в частности деталей с элементами зубчатых зацеплений.

Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя // В.Н. Андреев, А.Н. Афонин, В.Ф. Безязычный и др. Москва, 2018. Том 2. – 818 с.

2. Технология и инструменты отделочно-упрочняющей обработки деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник. В 2-х томах. Т. 2. / Под общ. ред. А.Г. Сулова. - М.: Машиностроение, 2014. - 444 с.

3. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием. Библиотека технолога. М.: Машиностроение, 2004. – 288 с.

Никитина Л.Г.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: nikitina-nlg@yandex.ru*

Прогнозирование точности обработки на токарно-револьверном станке

Для узлов, находящихся на стадии проектирования, наиболее важным является определение температурных деформаций, которое позволит оценить качество конструкции по критерию ожидаемой точности обработки, дать рекомендации по снижению температурных деформаций, выбрать наиболее рациональную конструкцию, удовлетворяющих предъявляемым требованиям к точности обработки (в зависимости от класса точности станка).

Температурные деформации (ТД) шпинделей токарных станков характеризуются линейными смещениями шпинделя в вертикальной и горизонтальной плоскостях и поворотом шпинделя в вертикальной плоскости ϕ , обусловленных температурными деформациями стенок корпуса, несущих подшипники. Изменение этих показателей приводит к образованию отклонений размеров, а также отклонений формы и расположения обрабатываемых поверхностей.

Прогнозирование ТД токарно-револьверного станка, в котором привод главного движения заменен на мотор-шпиндель (МШ) является главной задачей на стадии проектирования конструкции. Разработанная конструкция [1] кроме подшипников имеет дополнительные источники тепловыделений (ротор и статор), которые существенно изменяют температурное поле конструкции и, следовательно ТД шпинделя.

Моделирование температурного поля выполнено на математической модели формирования температурного поля и температурных деформаций, в основе, которой лежит метод конечных элементов. Модель учитывает изменение во времени и пространстве условий однозначности.

Погрешность обработки определяется рядом показателей точности (геометрическая точность, жесткость, виброустойчивость, температурные деформации, износостойкость), каждый из которого вносит определенную долю в общий баланс погрешностей обработки. Погрешности обработки допустимы в определенных пределах, устанавливаемых с учетом условий функционирования и эксплуатации изделия, изготовления и сборки. Допустимая величина погрешностей обработки определяется допусками на размер, форму и расположение поверхностей, включающими все погрешности, возникающие во время обработки.

В работе [2] установлено, что доля ТД для токарного станка модели 1Е611Ф3 составляет четвертую часть в общем балансе погрешности обработки. Данное утверждение основано на экспериментальном исследовании влияния различных процессов на формирование погрешности.

На токарных станках наиболее распространенной операцией является обтачивание наружных поверхностей. На данной операции влияние на погрешность обработки линейных ТД можно исключить путем подналадки положения резца, а влияние углового поворота шпинделя исключить нельзя, он приводит к отклонению профиля продольного сечения.

Оценка качества конструкции по критерию ожидаемой точности обработки, обусловленной ТД, осуществляется в следующей последовательности:

- задаемся качеством точности обрабатываемой детали, в зависимости от класса точности станка;
- задаемся относительной геометрической точностью обрабатываемых поверхностей;
- в зависимости от номинального размера обрабатываемой детали и степени точности определяем допуск на размер и форму цилиндрической поверхности по ГОСТ 26643-81;
- по определенному допуску рассчитываем допускаемый угол поворота через длину нормируемого участка обработки;

- для каждого типоразмера станка назначаем длину нормируемого участка обработки, определяем величину угла поворота, характеризующего определенный квалитет точности;
- величины угловых поворотов шпинделя, определенные математическим моделированием, сравниваем с допускаемыми и определяем какой квалитет точности обеспечит станок;

В случае не соответствия величины углового поворота шпинделя классу точности станка на стадии проектирования разрабатываем мероприятия по снижению ТД.

Моделирование ТД существующей конструкции МШ показало следующее:

- осевое смещение шпинделя на максимальной частоте вращения достигает значений до 30 мкм;
- вертикальное смещение шпинделя на 6000 об/мин достигает значения 50 мкм;
- угловое смещение шпинделя в вертикальной плоскости в исследуемом диапазоне достигает значений до 30 мкм.

Анализируя ТД МШ токарно-револьверного станка с максимальным размером заготовки 200 мм, в диапазоне частот вращения от 750 до 6000 об/мин, и исходя из условия, что доля ТД составляет 0.25% от допуска на размер, можно спрогнозировать, что при аксиальной системе вентиляции и консистентной смазке подшипников возможна обработка не точнее 9 квалитета точности.

Литература

1. Авдеев В.Б. Оценка точности и надежности токарного станка с ЧПУ // СТИН, 1980, №10.
2. Никитина Л.Г., Сегида А.П. Снижение тепловых деформаций мотор-шпинделей // СТИН, 1993, №6.

Шпаков П.С.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: spsp01@rambler.ru

Ю.Л. Юнаков

О.И. Лягина

Сибирский Федеральный университета. Институт горного дела геологии и геотехнологий

660025, г. Красноярск, пр. Вузовский, 3, ауд. 415 у.к.

e-mail: JJunakov@sfu-kras.ru

Влияния погрешности определения прочностных характеристик (ρ и k) на коэффициент запаса устойчивости

Нами исследовано влияние погрешности определения прочностных характеристик на определение коэффициента запаса устойчивости откоса ($k_{зу}$) по методике [1,2].

Для исследования взяты следующие данные:

борт карьера высотой $H=314.1$ м; угол наклона борта карьера $\alpha = 45,5^\circ$; коэффициент сцепления $k = 31,2$ т/м²; - угол внутреннего трения $\rho = 30^\circ$.

Принимая погрешность определения коэффициента сцепления и угла внутреннего трения $\pm 10\%$ от средних построим возможную матрицу значений (рис.1).

Для заполнения матрицы численными значениями используем программу «Программа для расчета устойчивости карьерных откосов «Stability analysis»» [3.4].

В матрицу вводим значения коэффициента запаса устойчивости, при условии, что $\alpha = 45,5^\circ$; $\gamma = 3,0$ т/м³, $H=314.1$ м. Значения ρ меняется от 26° до 34° , то есть в пределах 10% от среднего, равного 30° , через 1° , а коэффициент сцепления изменяется от 28 т/м² до 35 т/м², то есть в пределах $\pm 10\%$ от среднего $31,2$ т/м².

Результаты расчетов представлены на рис. 1.

Для условий: $k=31.2 \text{ т/м}^2$; $\rho=30^\circ$; $H=314,1 \text{ м}$; $\gamma=3.0 \text{ т/м}^3$

10 % уровень погрешности

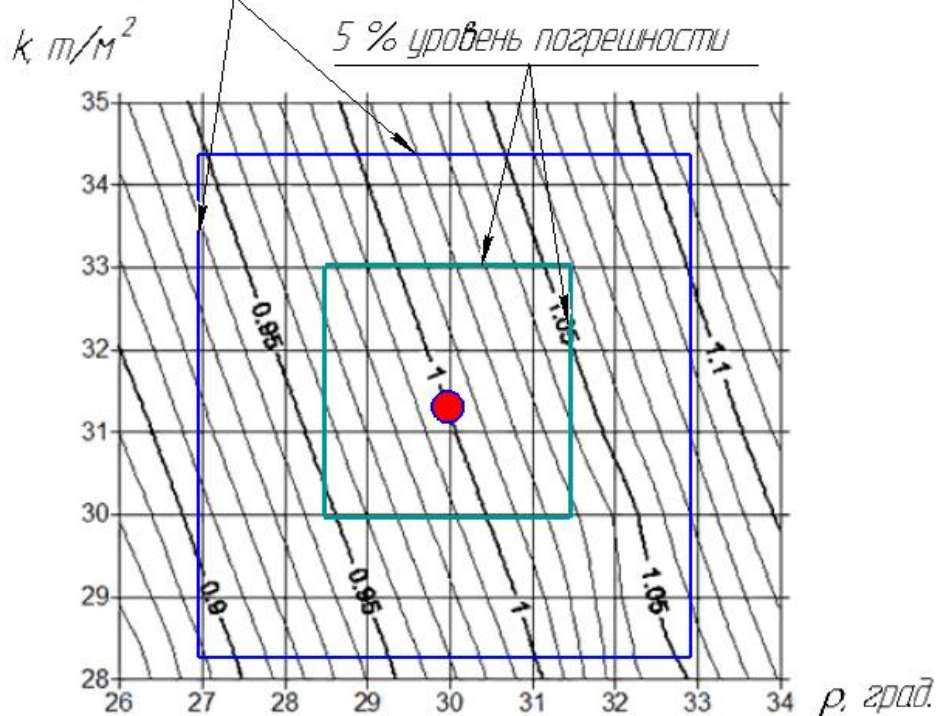


Рис.1. Зависимость коэффициента запаса устойчивости (кзу) борта карьера от угла внутреннего трения и коэффициента сцепления

Для полученных значений кзу построены изолинии (изокзу рис.1). А на рис 2 показана объемная модель изокзу.

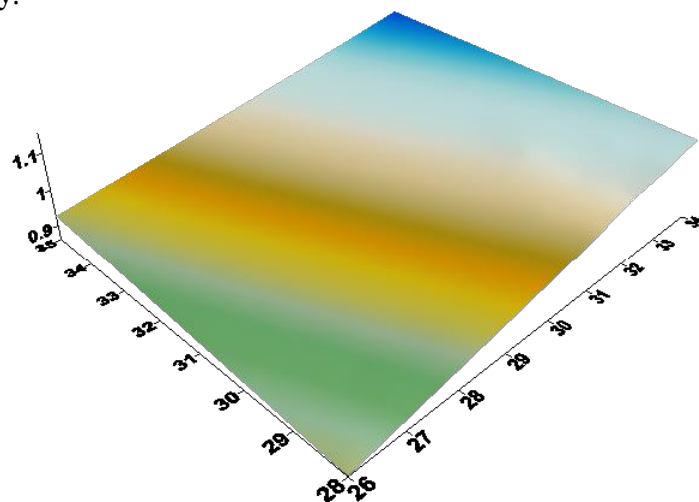


Рис.2. Изогипсы кзу откоса борта карьера

В расчетной матрице на изолиниях нанесены прямоугольники с размерами 5% и 10% погрешностей (k и ρ) (рис. 1).

Анализ матрицы (рис. 1) показывает, что любое сочетание ρ и k , находящееся левее изолинии 1.0 приведет борт карьера к неустойчивому состоянию, а правее ее к повышению устойчивости борта карьера.

Анализ полученных построений позволяет сделать следующие выводы:

Если делается максимальная ошибка в определении ρ и k .

По матрице (рис.1) для погрешности 10%.

Минимальное значение $k_{zu}=0,890$, максимальное значение $k_{zu} = 1,115$.

По матрице (рис.1) для погрешности 5%.

Минимальное значение $k_{zu}=0,948$, максимальное значение $k_{zu} = 1,060$.

Т.е. получаем,

Для погрешностей 10% $k_{zu} = 1,000 \frac{+0,115}{-0,110}$,

Для погрешностей 5% $k_{zu} = 1,000 \frac{+0,060}{-0,052}$,

Любое сочетание прочностных характеристик k и ρ попадающих на плоскость матрицы левее из $k_{zu} = 1,000$ приводит к уменьшению коэффициента запаса устойчивости борта карьера, т. е. требуется корректировка борта в сторону снижения высоты или уменьшения угла наклона борта карьера..

Любое сочетание прочностных характеристик k и ρ попадающих на плоскость матрицы правее из $k_{zu} = 1,000$ приводит к увеличению коэффициента запаса борта карьера, т. е. требуется корректировка борта. Может быть три варианта: увеличение высоты борта при неизменном угле наклона; увеличение угла наклона борта карьера при неизменной высоте борта карьера; все оставить без изменения с целью увеличения k_{zu} борта карьера.

Рассмотрим случай, когда погрешность допущена только в одном показателе, при изменении другого.

Рассмотрим случай когда $k=31,2 \text{ т/м}^2 \text{ cons}$, а ρ изменяется в пределах $\pm 10\%$.

По матрице (рис.1) для погрешности 10%.

Минимальное значение $k_{zu}=0,920$, максимальное значение $k_{zu} = 1,080$.

По матрице (рис.1) для погрешности 5%.

Минимальное значение $k_{zu}=0,960$, максимальное значение $k_{zu} = 1,040$.

Т.е. получаем,

Для погрешностей 10% $k_{zu} = 1,000 \frac{+0,080}{-0,080}$ м.

Для погрешностей 5% $k_{zu} = 1,000 \frac{+0,040}{-0,040}$.

Рассмотрим случай когда $\rho = 30^\circ = \text{cons}$, а k изменяется в пределах $\pm 10\%$.

По матрице (рис.1) для погрешности 10%.

Минимальное значение $k_{zu}=0,970$, максимальное значение $k_{zu} = 1,030$.

По матрице (рис.1) для погрешности 5%.

Минимальное значение $k_{zu}=0,990$, максимальное значение $k_{zu} = 1,020$.

Т.е. получаем,

Для погрешностей 10% $k_{zu} = 1,000 \frac{+0,030}{-0,030}$.

Для погрешностей 5% $k_{zu} = 1,000 \frac{+0,020}{-0,010}$.

Рассмотрим только отрицательное влияние в разнице изменения приращения коэффициента запаса из-за погрешности ρ и k (в %).

Для погрешностей в 10% $q = 0,08/0,03=2,66$.

Для погрешностей в 5% $q = 0,04/0,01=4,0$.

Т.е. изменение прироста k_{zu} из-за ошибки в определении сцепления больше чем в 2 раза по сравнению с такой же ошибкой определения угла внутреннего трения (в %).

Анализ расчетов говорит о том, что небольшое изменение k_{zu} (в пределах 0,01) может привести к значительному изменению высоты до 30 м.

Вывод. При проектировании и расчёте устойчивости бортов карьеров необходимо пользоваться программами позволяющие вести расчет с погрешностью не грубее 0,001.

Литература

1. Попов В. Н., Шпаков П. С., Юнаков Ю. Л. Управление устойчивостью карьерных откосов. Учебник для вузов. — М.: Изд-во МГГУ, Изд-во «Горная книга», 2008. — 683 с.: ил.

2. Шпаков П.С., Юнаков Ю. Л. и др. Исследование влияния погрешности определения прочностных характеристик (ρ и k) на предельную высоту откоса и его коэффициент запаса устойчивости в условиях Кия-Шалтырского месторождения. //Маркшейдерский вестник. 2018. № 5. С. 61-67.

3. Шпаков П. С., Юнаков Ю. Л., Шпакова М. В., Фролов И. А. RU ОБПБТ № 4(75) 20.12.2010. Программы для ЭВМ. Рег. номер 2010614557 (09.07.2010).

4. Шпаков П. С., Юнаков Ю. Л., Шпакова М. В. Расчет устойчивости карьерных откосов по программе *stability analysis* // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — № 8. — С. 56—63.

Шпаков П.С.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: spsp01@rambler.ru

Ю.Л. Юнаков

О.И. Лягина

Сибирский Федеральный университета. Институт горного дела геологии и геотехнологий

660025, г. Красноярск, пр. Вузовский, 3, ауд. 415 у.к.

e-mail: JJunakov@sfu-kras.ru

Влияния погрешности определения прочностных характеристик (ρ и k) на предельную высоту откоса

Нами исследовано влияние погрешности определения прочностных характеристик на определение высоты устойчивого откоса (H) по методике [1.2].

Для исследования взяты следующие данные:

борт карьера высотой $H=314.1$ м; угол наклона борта карьера $\alpha = 45,5^\circ$; коэффициент сцепления $k = 31,2$ т/м²; - угол внутреннего трения $\rho = 30^\circ$.

Принимая погрешность определения коэффициента сцепления и угла внутреннего трения $\pm 10\%$ от средних построим возможную матрицу значений (рис.1).

Для заполнения матрицы численными значениями используем программу «Программа для расчета устойчивости карьерных откосов «Stability analysis»» [3.4].

В матрицу вводим значения предельной высоты, при условии, что $\alpha = 45,5^\circ$; $\gamma = 3,0$ т/м³. Значения ρ меняется от 26° до 34° , то есть в пределах 10% от среднего, равного 30° , через 1° , а коэффициент сцепления изменяется от 28 т/м² до 35 т/м², то есть в пределах $\pm 10\%$ от среднего $31,2$ т/м².

Результаты расчетов представлены на рис. 1.

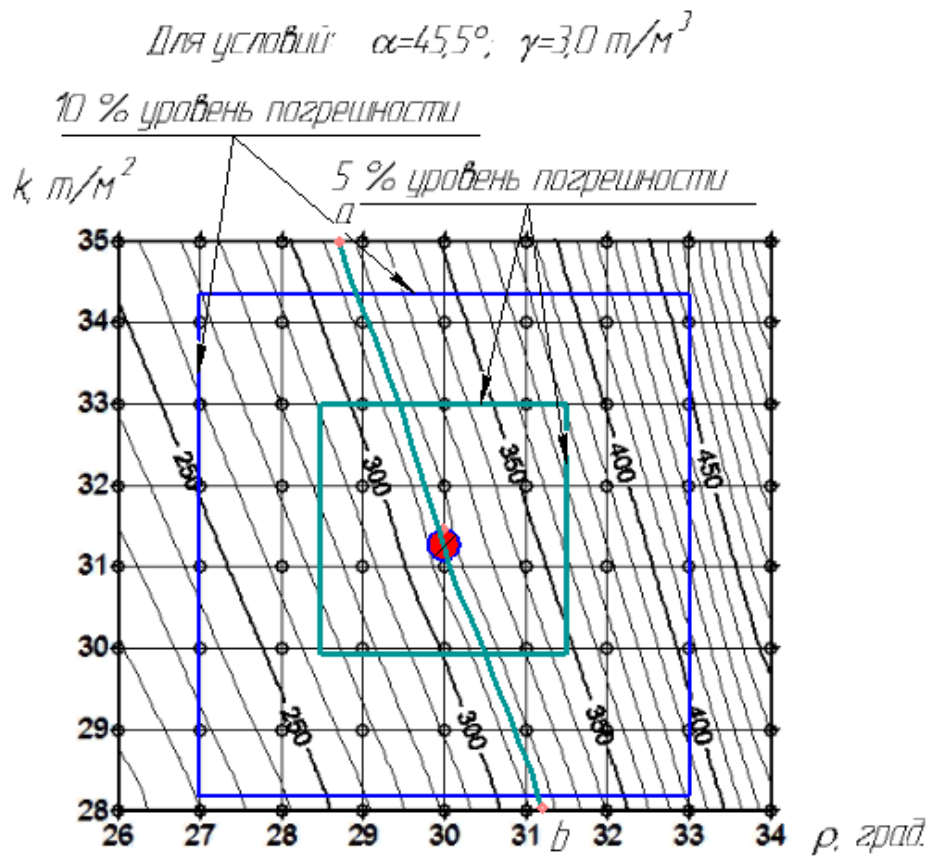


Рис.1. Зависимость высоты откоса борта карьера от угла внутреннего трения и коэффициента сцепления

Для полученных значений высоты (H) построены изолинии (изовысоты рис.1). А на рис 2 показана объемная модель изовысот.

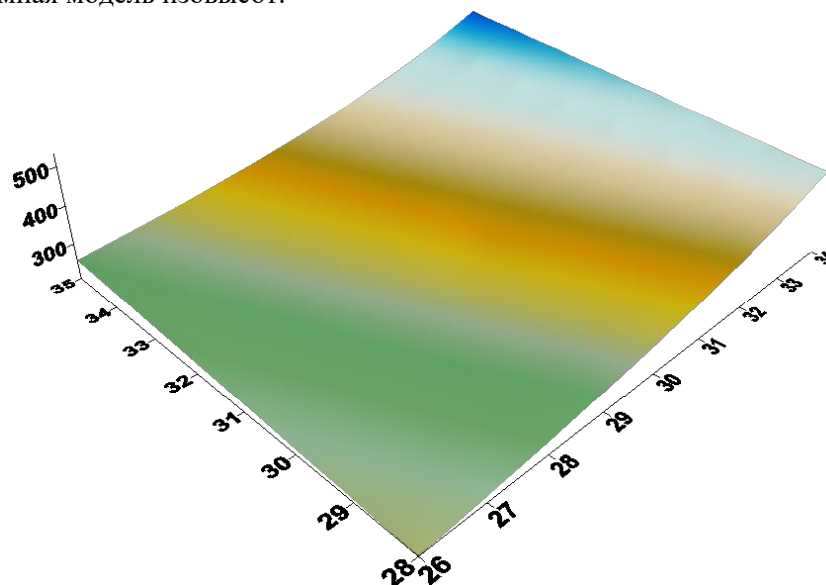


Рис.2. Изогипсы предельной высоты откоса

В расчетной матрице на изолиниях нанесены прямоугольники с размерами 5% и 10% погрешностей (k и ρ) (рис. 1).

Анализ полученных построений позволяет сделать следующие выводы:

Если делается максимальная ошибка в определении ρ и k .

По матрице (рис.1) для погрешности 10%.

Минимальное значение $H=220$ м, максимальное значение $H= 462$ м.

По матрице (рис.1) для погрешности 5%.

Минимальное значение $H=265$ м, максимальное значение $H= 380$ м.

Т.е. получаем,

$$\text{Для погрешностей 10\% } H = 314 \frac{+147.9}{-94.1}, \text{ м.}$$

$$\text{Для погрешностей 5\% } H = 314 \frac{+49.1}{-65.9}, \text{ м.}$$

Любое сочетание прочностных характеристик k и ρ попадающих на плоскость матрицы левее изовысоты $ab=314,1$ м приводит к уменьшению проектной высоты борта карьера, т. е требуется корректировка борта в сторону снижения высоты или уменьшения угла наклона борта карьера..

Любое сочетание прочностных характеристик k и ρ попадающих на плоскость матрицы правее изовысоты $ab=314,1$ м приводит к увеличению проектной высоты борта карьера, т. е требуется корректировка борта. Может быть три варианта: увеличение высоты борта при неизменном угле наклона; увеличение угла наклона борта карьера при неизменной высоте борта карьера; все оставить без изменения с целью увеличения кзу. борта карьера.

Рассмотрим случай, когда погрешность допущена только в одном показателе, при изменении другого.

Рассмотрим случай когда $k=31,2 \text{ т/м}^2 \text{ cons}$, а ρ изменяется.

По матрице (рис.1) для погрешности 10%.

Минимальное значение $H=245$ м, максимальное значение $H= 420$ м.

По матрице (рис.1) для погрешности 5%.

Минимальное значение $H=275$ м, максимальное значение $H= 360$ м.

Т.е. получаем,

$$\text{Для погрешностей 10\% } H = 314 \frac{+105.9}{-69.1}, \text{ м}$$

$$\text{Для погрешностей 5\% } H = 314 \frac{+45.9}{-39.1} 314, \text{ м}$$

Рассмотрим случай когда $\rho = 30^\circ = \text{cons}$, а k изменяется.

По матрице (рис.1) для погрешности 10%.

Минимальное значение $H=282$ м, максимальное значение $H= 345$ м.

По матрице (рис.1) для погрешности 5%.

Минимальное значение $H=300$ м, максимальное значение $H= 330$ м.

Т.е. получаем,

$$\text{Для погрешностей 10\% } H = 314 \frac{+30.9}{-32.1}, \text{ м}$$

$$\text{Для погрешностей 5\% } H = 314 \frac{+15.9}{-14.1} 314, \text{ м}$$

Рассмотрим только отрицательное влияние в разнице изменения приращения высоты из-за погрешности ρ и k (в %)

Для погрешностей в 10% $q = -69,1/-32,1=2,15$.

Для погрешностей в 5% $q = -39,1/-14,1=2,77$.

Таким образом, изменение прироста проектной высоты из-за ошибки в определении сцепления больше чем в 2 раза по сравнению с такой же ошибкой определения угла внутреннего трения (в %).

Затраты на проведение исследований по определению прочностных характеристик значительны, но они намного меньше чем корректировка борта карьера и последствия этого изменения.

Необходимо отметить, что аналогичные исследования можно провести для любых строк или любых столбцов матрицы. Нет никаких трудностей спроектировать другую матрицу для любых исходных данных.

Вывод. Параметры коэффициента сцепления необходимо определять значительно точнее и надежнее чем угла внутреннего трения.

Литература

1. Попов В. Н., Шпаков П. С., Юнаков Ю. Л. Управление устойчивостью карьерных откосов. Учебник для вузов. — М.: Изд-во МГТУ, Изд-во «Горная книга», 2008. — 683 с.: ил.
2. Шпаков П.С., Юнаков Ю. Л. и др. Исследование влияния погрешности определения прочностных характеристик (ρ и k) на предельную высоту откоса и его коэффициент запаса устойчивости в условиях Кия-Шалтырского месторождения. //Маркшейдерский вестник. 2018. № 5. С. 61-67.
3. Шпаков П. С., Юнаков Ю. Л., Шпакова М. В., Фролов И. А. RU ОБПБТ № 4(75) 20.12.2010. Программы для ЭВМ. Рег. номер 2010614557 (09.07.2010).
4. Шпаков П. С., Юнаков Ю. Л., Шпакова М. В. Расчет устойчивости карьерных откосов по программе stability analysis // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — № 8. — С. 56—63.

Яшков В.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: Zirjd@mail.ru

Графовая модель выбора абразивного компонента для сборного шлифовального круга

Эксплуатация современного абразивного инструмента зависит от выбранного абразивного материала и определяет вид шлифовальной операции. Выбор шлифовального материала основывается на экспериментальном изучении различных видов обработки и их характеристик, а также обобщение опыта практического применения различных абразивных кругов[1].

Влияние компонентов абразивного инструмента на элементы технологической операции шлифования (обрабатываемый материал и вид обработки черновое или чистовое) можно произвести с помощью двудольного графа представленного на рисунке 1. Представленный двудольный граф позволяет оценить влияние состава инструмента на выбор вида обработки.

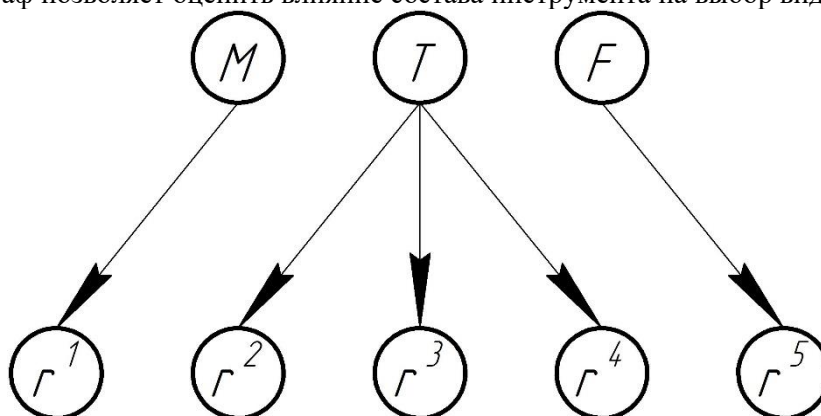


Рисунок 1 - Двудольный граф модели выбора абразивного компонента сборного шлифовального круга

Вершинами представленного двудольного графа являются показатели элементов технологической операции шлифования: М – свойства материала зависящие от его марки; физико-механические свойства обрабатываемой поверхности; Т – черновое, полустружечное или финишное шлифование; F – сила с которой абразивный сегмент давит на обрабатываемую поверхность.

На нижнем уровне вершины $r_1 \dots r_5$ показатели выбираемого абразивного материала; r_1 – вид абразивного материала (электрокорунд, карбид кремния; эльбор и др.); r_2 – зернистость материала; r_3 – твердость круга; r_4 – номер структуры шлифовального инструмента; r_5 – вид связки абразивных зерен.

Используя двудольный граф составим матрицу смежности факторов шлифовальной операции и элементов рабочего инструмента. Построенная матрица имеет следующий вид:

$$Y = \begin{matrix} & r^1 & r^2 & r^3 & r^4 & r^5 \\ \begin{matrix} M \\ T \\ F \end{matrix} & \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix} \end{matrix}$$

Представленный двудольный граф и матрица смежности дают наглядное представление о влиянии параметров шлифовального инструмента на технологические факторы проектируемой операции шлифования.

Литература

1. Яшков В.А., Силин Л.В. Технология внутреннего шлифования без тепловых эффектов // СТИН. 2012. № 3. С. 22-25.
2. Гречишников В.А. проектирование металлообрабатывающих инструментов: Учеб. пособие для вузов / В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков, А.Г. Схиртладзе. – М.: Дрофа, 2010.- 251, 5с.
3. Маслов Е.Н. Теория шлифования металлов. М.: Машиностроение, 1974. 320 с.
4. Проектирование режущего инструмента: Учебное пособие / Гречишников В.А, Н.А. Чемборисов, Схиртладзе А.Г. (и др.); под общей редакцией проф., д.н.т. Н.А. Чемборисова. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 264 с.
5. Схиртладзе А.Г., Гречишников В.А., Григорьев С.Н., Коротков И.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ Санкт-Петербург, 2015.
6. Справочник инструментальщика / Под общей редакцией А.Р. Маслова. М.: Машиностроение, 2005. 464 с.: ил.