

– можно поставить в ответвление диафрагму.

Для условий приведенного примера и потери давления в рукавном фильтре 950

Па получено:

– полная потеря давления в аспирационной системе 2864,7 Па;

– напор вентилятора 3151,2 Па;

– расчетная мощность электродвигателя вентилятора 10,2 кВт.

Реализация указанного расчетного метода в программе позволяет упростить расчет, сделать его наглядным и понятным и увеличит производительность проектных работ.

Библиографический список

1. Воскресенский В.Е. Системы пневмотранспорта, пылеулавливания и вентиляции на деревообрабатывающих предприятиях. – СПб.: Политехника, 2008. – 430 с.

2. Глебов И.Т., Рысев В.Е. Аспирационные и транспортные пневмосистемы деревообрабатывающих предприятий. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – 180 с.

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ОГРАНИЧЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ *DETERMINATION OF PARAMETERS FOR EFFICIENT WOODCUTTING*

Режимом резания называется совокупность числовых значений параметров процесса резания, относящихся к древесине, режущему инструменту и станку, от которых зависят технико-экономические показатели.

Совокупность параметров процесса резания дает множество режимов. Все они обеспечат обработку деталей. Но для производства важно не просто обработать детали, а обработать их с наименьшими затратами материалов, электроэнергии, труда.

В каждом режиме резания можно выделить один или несколько главных параметров, которые могут выступать как параметры оптимизации. Им стараются придать экстремальные или предельные значения. Таким параметром может быть, например, скорость подачи, которой стремятся обеспечить максимальное значение.

Другие главные параметры – шероховатость обработанной поверхности, мощность электродвигателя механизма главного движения и др. – рассматривают как ограничивающие параметры, или ограничения критериев качества.

Критерии качества позволяют выбрать наилучший вариант режима резания из альтернативных.

За критерий качества можно принять любой параметр процесса резания, по которому можно судить о достоинствах режима резания. К критериям предъявляется лишь одно требование: монотонная связь с качеством. Это значит, чем меньше (больше) критерий, тем лучше. Например, чем больше производительность,

меньше энергоемкость процесса, меньше шероховатость и себестоимость, тем лучше режим резания.

Если задан всего один критерий, то естественно считать наилучшим такой режим резания, при котором критерий будет оптимален (наибольший или наименьший). Такая задача решается просто. Однако один критерий не дает полного представления о режиме резания, о его возможностях. Более полную информацию можно получить при решении многокритериальной задачи. При нескольких критериях обычно не существует такого набора параметров, который одновременно оптимизировал бы все критерии, однако путем компромисса лучший набор выбрать можно. Для этого нужно назначить ограничения критериев, то есть **наихудшие значения критериев, на которые согласен расчетчик**.

При расчете режимов резания наиболее часто используют следующие ограничения критериев.

1. Ограничение подачи на зуб лезвийного режущего инструмента S_{z1} по шероховатости обработанной поверхности R_m :

$$S_{z1} \leq f(R_m). \quad (1)$$

Функция $f(R_m)$ обычно задана в табличной форме. По требуемому значению шероховатости обработанной поверхности расчетчик по таблице выбирает допустимое значение подачи на зуб.

2. Ограничение подачи на зуб по производительности пиления (по заполнению междузубных впадин пилы опилками) S_{z2} , мм:

$$S_{z2} = \theta t_3^2 / (t \sigma). \quad (2)$$

В формуле θt_3^2 есть площадь междузубной впадины пилы, θ – коэффициент площади впадины (формы зуба); t_3 – шаг зубьев, мм; σ – коэффициент напряженности впадины (его можно найти как отношение площади междузубной впадины к площади срезаемого слоя).

Коэффициент площади впадины θ для различных инструментов колеблется от 0,12 до 0,6. Коэффициент напряженности впадины зуба σ для рамных пил принимают 0,8...1,5, для ленточных – 1,5...2,5 и для дисковых – 2...3.

Подставляя в (2) средние значения коэффициентов θ и σ , получим следующие формулы для расчета предельно допустимых значений подачи на зуб по заполнению междузубных впадин опилками:

при пилении рамными пилами

$$S_{z2} = t_3^2 / (2 t_{\max});$$

при пилении ленточными пилами

$$S_{z2} = t_3^2 / [(5 \dots 6) t_{\max}];$$

при пилении дисковыми пилами

$$S_{z2} = t_3^2 / [(4 \dots 5) t_{\max}],$$

где t_{\max} – максимальная высота пропила.

3. Ограничение подачи на зуб по мощности, приходящейся на один режущий инструмент (одну пилу, одну фрезу и т.д.)

Предельно допустимое значение подачи на зуб по мощности рассчитывают так:

– находят окружную касательную силу резания на одном режущем инструменте,

Н:

$$F_x = \frac{1000P\eta}{Vi},$$

где P – мощность электродвигателя механизма главного движения, кВт;

η – КПД передачи от электродвигателя до режущего инструмента;

V – скорость главного движения, м/с;

i – количество режущих инструментов.

– находят касательную силу резания на одном зубе режущего инструмента, Н:

$$F_x = F_{x \text{ зуб}} \frac{l}{t_3},$$

где l – длина дуги контакта, мм;

t_3 – шаг зубьев инструмента, мм; для круглых пил и фрез $t_3 = \frac{\pi D}{z}$, где D – диаметр окружности резания, мм; z – количество зубьев инструмента.

– находят коэффициенты:

затупления

затупления

$$\alpha_\rho = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta_\rho}{\rho_o + 50},$$

где k – касательное давление на переднюю грань зуба, МПа;

p – фиктивная сила резания при толщине срезаемого слоя $a \geq 0,1$ мм;

Δ_ρ – величина затупления режущей кромки в момент отказа, мкм;

ρ_o – радиус закругления режущей кромки нового или восстановленного зуба, мкм;

$$\lambda = \rho^2 + 0,2\rho + 0,01; \rho = \rho_o + \Delta_\rho; \rho \text{ – в мм.}$$

$$d = [\alpha_\rho p + 0,1(k + \frac{\alpha t}{b})],$$

где α – удельное сопротивление трения пилы в пропиле; при фрезеровании $\alpha = 0$;

$$m_1 = \frac{F_{x \text{ зуб}}}{a_n a_w a_\rho b_l d},$$

где a_n , a_w , a_ρ – поправочные коэффициенты на породу, влажность и встречное пиление (берутся в таблицах);

b_l – длина режущей кромки зуба пилы или ширина фрезерования, мм.

Если $m_1 > 1$, то толщина срезаемого слоя a определяется по формуле для макро-слоев; при $m_1 \leq 1 - a_m$ – для микрослоев ($a_m \leq 0,1$ мм).

– толщина срезаемого слоя для макрослоя, мм

$$a = \frac{(\frac{F_{x \text{ зуб}}}{a_n a_w a_\rho b_l} - \alpha_\rho p)b}{(kb + \alpha t)};$$

– толщина срезаемого слоя для микрослоя, мм

$$a_m = 0,1 - \sqrt{\lambda(1 - m_1)};$$

– находят предельно допустимое значение подачи на зуб, ограниченное мощностью механизма главного движения

$$S_{z3} = \frac{ab_n}{b \sin \mu}, \quad (3)$$

где μ – угол подачи на середине дуги контакта;

b, b_n – ширина пропила и длина режущей кромки, мм.

4. Ограничение подачи на зуб S_{z4} , мм, по прочности полотен и зубьев рамных пил. Значения S_{z4} для разных пород древесины приведены ниже.

Подача на зуб S_{z4} , мм, при температуре древесины $t^\circ C$

Хвойные (кроме лиственницы),

мягколиственные $S_{z4} = (2,4 + 0,023 t^\circ) m_y$

Береза $S_{z4} = (2,2 + 0,020 t^\circ) m_y$

Лиственница, твердолиственные $S_{z4} = (2,0 + 0,014 t^\circ) m_y$

Примечание. Для плющенных зубьев $m_y = 1$; для разведенных - $m_y = 0,7$.

5. Ограничение подачи на зуб S_{z5} , мм, по устойчивости рамных пил

$$S_{z5} = \frac{\left(\frac{0,8F_{кр}t_3}{\alpha_\rho m_n b t_{max}} + 0,75t^\circ - 40 \right)}{(30 - 1,4t^\circ)}, \quad (4)$$

где m_n – коэффициент на породу;

$F_{кр}$ – критическая нормальная сила резания, Н, при которой рамная пила теряет плоскую форму:

$$F_{кр} = \pi^2 F_H \left[\frac{B}{12} + \frac{GS^3}{3F_H} \right] / l_c,$$

где F_H – сила натяжения пилы, Н (см. табл. 15); B и S – соответственно ширина и толщина пил, мм; G – модуль упругости при кручении, для стали $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, l_c – свободная длина рамных пил, мм, между прокладками.

6. Ограничение подачи на зуб S_{z6} , мм, по наработке на отказ рамной пилы из стали 9ХФ со стеллитированными зубьями $T=480$ мин (по зарождению в междузубных пазах усталостных микротрещин) можно определить по формуле, мм:

$$S_{z6} = \frac{C - \alpha_\rho p}{k + \frac{\alpha_\Delta t_{cp}}{b}}, \quad (5)$$

где $C = \frac{[\sigma_u] S t_3^2}{6b_l h a_n a_w a_g},$

где $[\sigma_{u3}] = 221$ МПа – предельное напряжение в междузубной пазухе пилы;

S – толщина пилы, мм; t_3 – шаг зубьев пилы, мм; t_{cp} – средняя высота пропила мм.

7. Ограничение подачи на зуб S_{z7} , мм, по критической касательной силе резания, при которой ленточная пила начинает вибрировать и теряет устойчивость

Критическая касательная сила резания, по данным А.Е. Феоктистова (ЦНИИМОД), при ширине пилы $B_1 = 40$ мм, толщине полотна пилы $S = 0,8$ мм, допускаемом напряжении в пиле 30 МПа и расстоянии между шкивами $L = 1250$ мм вычисляется по формуле, Н

$$F_{кр} = 10^6 s^3 (0,82 + 0,002B_1)(0,95 + 0,001\sigma) / L$$

Тогда допускаемая касательная сила резания одним зубом

$$F_{хдзуб} = 0,9F_{кр} t_3 / t,$$

где t – высота пропила, мм.

Подача на зуб по устойчивости пилы от допускаемой касательной силы резания, мм

$$S_{z7} = \frac{\left(\frac{F_{хдзуб}}{a_n a_w b_n} - \alpha_\rho p\right) b_n}{(kb + \alpha t)}. \quad (6)$$

8. Ограничение подачи на зуб S_{z8} , мм, по критической радиальной силы резания, при которой величина прогиба полотна пилы в плоскости наибольшей жесткости достигает значения выпуклости задней кромки m , полученного при вальцевании пилы. По данным Э.В. Трухина, нормальная критическая сила резания при $m = 0,2 \dots 0,35$ мм, модуле продольной упругости для стали 9ХФ $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, моменте инерции $I = SB_1^3 / 12$ и напряжении натяжения полотна столярной пилы $\sigma = 30 \dots 50$ МПа находится по формуле, Н:

$$F_{zкр} = 9,72m(39,5EI + \sigma SB_1 L^2) / L^3$$

Допустимая нормальная сила резания для одного зуба, Н

$$F_{здзуб} = 0,9F_{zкр} t_3 / t.$$

Подача на зуб по критической нормальной силе, мм

$$S_{z8} = 0,1 + \frac{0,5\alpha_\rho^2 [\alpha_\rho p + 0,1k + \frac{\alpha t}{b}] \frac{\rho}{\rho + 50} - F_{здзуб} / b_n a_n a_w}{(k + \alpha t / b) \operatorname{tg}(\gamma - \varphi)}. \quad (7)$$

9. Ограничение подачи на зуб S_{z9} , мм, по точности пиления твердой древесины ленточной пилой может быть рассчитана по эмпирической формуле

$$S_{z9} = \frac{\omega}{6 + 0,018(t - 200)}, \quad (8)$$

где ω – допустимое рассеяние размеров по толщине пиломатериалов, мм.

Если пиломатериалы имеют поле допуска размера по толщине δ , то их можно выпилить на станке, обеспечивающем рассеивание размеров $\omega \leq 0,9\delta$.

10. Ограничение подачи на зуб S_{z10} , мм, по динамической устойчивости круглых пил. При продольном пилении периферийная зона пилы нагревается сильнее центральной. При достижении разности температур на линии окружности впадин и в зоне

зажимных фланцев некоторого критического значения ΔT пила начинает терять динамическую устойчивость. По данным В.К. Пашкова и С.В. Щепочкина (УГЛТУ) величину температурного перепада можно найти из выражения, °C:

$$\Delta T = \frac{KP\eta}{1,88 \cdot 10^{-6} D^{0,96} V^{0,426} b^{0,471}},$$

где K – коэффициент, учитывающий долю мощности резания, расходуемую на нагрев диска пилы.

Предельно допустимая подача на зуб по динамической устойчивости

$$S_{z10} = \frac{6 \cdot 10^7 m \Delta T}{a_n a_w a_s t z n} - \frac{\alpha_p p b_n}{\sin \varphi_{cp}}, \quad (9)$$

где m – коэффициент, учитывающий способ охлаждения пилы на станке;

t – высота пропила, мм; z – число зубьев; n – частота вращения пилы, мин⁻¹.

В расчетах режимов резания можно использовать и другие критерии.

Рациональный режим резания должен удовлетворять одновременно ограничениям всех критериев. Для этого находят ограничение критерия, для которого подача на зуб минимальна. Это значение принимается за расчетное, если оно может быть реализовано на станке.

Таким образом, исследуя различные критерии, характеризующие эффективность режима резания, можно выбрать рациональный режим резания древесины на станке.

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРНОЙ ФРЕЗЫ COMPOUND ROUTER DESIGNING

Для установки ножей в сборных фрезах и ножевых валах часто используют клиновое крепление. Сборная фреза состоит из корпуса 1 (рис. 1) с посадочным отверстием и пазами, в которые вставлены ножи 2, клинья 4 с винтами 3. Винтами 3 обеспечивают монтажное крепление ножей.

Возникающие при вращении фрезы центробежные силы стремятся вырвать нож из паза. Этому препятствуют силы трения. Причем, чем больше центробежные силы, тем больше силы трения.

Методика определения монтажного усилия Q , создаваемого винтами, известна. Остается неясной, какова должна быть масса ножа и клина в механизме крепления.

При вращении фрезы на клин и нож действуют центробежные силы C_k и C_n , приложенные в центрах масс клина и ножа, расположенных на радиусах r_k и r_n .

Центробежные силы равны, Н:

$$C_k = \frac{m_k V_k^2}{r_k}; \quad C_n = \frac{m_n V_n^2}{r_n},$$

где m и V – масса, кг, и окружная скорость, м/с, центра массы клина и ножа соответственно.