УДК 621.9

DOI: 10.35211/1990-5297-2020-8-243-14-18

*А. И. Банников, О. А. Макарова, И. К. Шкурин, Д. Р. Зейналов***ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПИЛЫ ПАКЕТНОЙ РЕЗКИ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: makar0vaolga@rambler.ru

Рассмотрен процесс пакетной резки холодного металлопроката, посчитаны нагрузки на зубья пилы пакетной резки.

Ключевые слова: пила пакетной резки, термофрикционное резание, SolidWorks Simulation.

*A. I. Bannikov, O. A. Makarova, I. K. Shkurin, D. R. Zejnalov***STUDY OF BATCH CUTTING SAW STRESSES****Volgograd State Technical University**

The process of batch cutting of cold rolled metal is considered, loads on the teeth of batch cutting saw are calculated.

Keywords: batch cutting saw, thermal friction cutting, SolidWorks Simulation.

В современной технологии резки используют CAD, CAM и CAE – системы, одним из видов CAE – системы является программный комплекс (ПК) SolidWorks Simulation. Особый интерес представляет моделирование напряжений, возникающих в дисковой пиле под действием на нее внешних сил и температур в зоне резания при скоростном резании пакета труб.

Процесс разрезания горячих и холодных заготовок широко применяется на станах металлургических предприятий. На салазковой пиле ТПЦ – 2 АО «ВТЗ» режут готовые трубы в размер перед отправкой потребителю. Основной проблемой является повышенный износ инструмента и связанное с этим образование заусенцев на торцах готовых труб, что недопустимо для готовой продукции.

Компьютерное моделирование позволяет оценить возникающие напряжения на участках рабочей поверхности диска пилы пакетной резки и прогнозировать его стойкость. Исследование работы пилы пакетного резания показало, что глубина внедрения зуба инструмента очень мала. Рассчитанная подача на зуб равна 2 мкм/зуб. Это позволяет сделать вывод, что данный процесс можно считать термофрикционным. Процесс термофрикционного резания дисковыми пилами наиболее полно исследован А. И. Банниковым в ряде работ [1; 2], посвященных скоростному резанию горячего проката. При контакте инструмента по задней грани с обрабатываемой поверхностью на высоких скоростях резания 100 м/с, происходит быстрое ее нагревание вследствие выделения тепла в процессе трения.

Данный процесс требует исследования деформаций зуба пилы под действием силовой нагрузки при нагреве его до температур резания.

В качестве объекта исследования, использовались трубы из нержавеющей стали 12Х13 различного диаметра (Ø42 и Ø121 мм).

Процесс скоростного резания рассматривался на пиле с геометрическими характеристиками приведенными в таблице. Пила изготовлена из стали 50ХГФА.

Основные геометрические характеристики пилы

Диаметр режущего диска, мм	2000
Высота зуба, мм	10,3
Толщина режущего диска, мм	8
Число зубьев, шт	400
Величина задней площадки, мм	3,5
Угол профиля	40°

Известны [3; 4] формулы (1) и (2) для расчета тангенциальной и нормальной составляющей силы резания соответственно:

$$T = 19,3 \cdot 10^9 \cdot l \cdot S_1 \frac{u_n}{v} \left(\frac{b}{t} \right)^{0,29} \left(\frac{\sigma_g}{\sigma_{эм}} \right)^{0,304}, \quad (1)$$

где l – длина контакта пилы с пакетом труб; S_1 – толщина диска пилы 0,008 м; u_n – горизонтальная подача инструмента 0,007 м/с; v – скорость вращения диска пилы 105 м/с; b – длина верхней грани зуба пилы 0,0035 м; t – шаг зубьев пилы (0,0157 м); σ_g – временное сопротивление разрезаемой стали 490 МПа; $\sigma_{эм}$ – временное сопротивление эталонной стали 440 МПа.

Расчет нормальной составляющей силы резания (2):

$$R = \frac{T}{\mu}, \quad (2)$$

$$\mu = (0,114 - 0,08 \cdot C) \left(\frac{l}{10} \right)^{-0,126} \times \left(\frac{v}{100} \right)^{-0,5} \cdot \left(\frac{b}{t} \right)^{-0,38}, \quad (3)$$

где C – содержание углерода в разрезаемой стали.

В нашем случае формирование пакета происходит автоматически, выдвижные прижимы пилы фиксируют пакет труб со всех сторон (рис. 1)

Рис. 1. Укладка труб в лоток салазковой пилы пакетной резки холодного металлопроката в цехе ТПЦ – 2 АО «ВТЗ»

Трубы подаются в нужном количестве по конвейеру в лоток 1, далее верхние прижимы 2 опускаются и ограничивают пакет сверху, затем боковые прижимы 3 поджимают трубы и держат их в зажатом состоянии. После всего этого, диск 4 начинает вращение и движется по направлению подачи, разрезая пакет.

В лоток можно уложить различное количество труб, в зависимости от их диаметра. Расчеты длины контакта для различного числа труб и различных диаметров показали, что длина контакта при продольном перемещении пилы имеет значительные колебания (рис. 2).

Рис. 2. График зависимости длины контакта l_k от рабочего хода $L_{p,x}$ для труб с наружным диаметром $D=121$ мм

Силы резания изменяются пропорционально длине контакта, это оказывает влияние на нагружение зубьев пилы.

Зная все эти данные, мы можем рассчитать силы резания по формулам (1) и (2). Для наглядности результаты были сведены в графики (рис. 3–6).

Рис. 3. Тангенциальная сила резания для пакета труб Ø42 (кН)

Рис. 4. Тангенциальная сила резания для пакета труб Ø121 (кН)

Рис. 5. Нормальная сила резания для пакета труб Ø42 (кН)

Рис. 6. Нормальная сила резания для пакета труб Ø121 (кН)

На данных графиках видны значительные изменения сил резани, приводящие к ударным нагрузкам и вибрациям при резании пакета труб. Поэтому для расчета берется средняя сила резания.

Получив эти данные, мы можем начать нагружать созданную модель в (ПК) SolidWorks Simulation.

Рис. 7. Трехмерная модель зуба пилы

ПК SolidWorks Simulation основан на методе конечных элементов. В процессе моделирования нужно построить модель пилы или отдельного ее участка, к которому будут прикладываться внешние силы, указать сами силы, направление и величину в ньютонах, также деталь нужно зафиксировать, т.е. лишить ее всех степеней свободы.

Нагрузка трехмерной модели зуба пилы осуществляется средними значениями нормальной и тангенциальной сил резания. Нагружение производится совместно с заданием температуры по задней грани $T=1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Жестко закрепив основание модели, выберем режущую грань и приложим к ней силы резания, по касательной к грани и нормально по направлению к центру диска. Далее создаем сетку, состоящую из множества ячеек размером 0.766625 мм , всего ячеек 13802 шт.

В результате моделирования получен вид зуба пилы со значительным деформированием вершины (рис. 8, 9), что отражает потерю геометрии и высокий износ.

Рис. 8. Температура вершины зуба пилы:
а – до нагрузки; б – при нагружении

Рис. 9. Напряжения вершины зуба пилы:
а – до нагрузки; б – при нагружении

Сравнив полученные результаты с взятыми образцами изношенной пилы из цеха (рис. 10), мы увидим похожие деформации на зубьях.

Рис. 10. Образец зубьев пилы после реза

Вывод

Применение пакета SolidWorks существенно упростит проектирование геометрии пилы

на начальных этапах. Значительные силовые и тепловые нагрузки приводят к катастрофическому износу зубьев пилы, выражающимся в деформации зуба и потере его геометрии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ процесса термофрикционного резания горячего проката с использованием скоростной видеосъемки / А. И. Банников, А. А. Банников, О. А. Макарова, И. Л. Пермяков // СТИН. – 2014. – № 6. – С. 39–40.
2. Исследование размеров заусенца при термофрикционном резании / Ю. Н. Поляничков, А. И. Банников, А. И. Курченко, О. А. Макарова // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 9 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»; вып. 4). – С. 33–35.
3. Синецкий, В. М. Машиностроение. Энциклопедия. Машины и агрегаты металлургического производства. Т. IV-5 / В. М. Синецкий, Н. В. Пасечник. – М. : Машиностроение. – 2000. – Т. 912. – С. 1.
4. Шур, И. А. Машины и агрегаты металлургического производства / И. А. Шур, Н. А. Чиченев, С. М. Горбатов. – 2009.