

*Петров П. А.**к.т.н., доцент,**Изюмов Ю. В.**к.т.н., доцент,**Петров М. П.**студент 4-го курса**Донбасский государственный технический институт, г. Алчевск, ЛНР*

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВЫХ ПИЛ ГОРЯЧЕЙ РЕЗКИ СОРТОВОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА

Создание сложных технических систем на современном этапе развития машиностроительной и металлургической отрасли, невозможно без совместного использования широкого набора различных программных систем параметрического моделирования (конструирования) и инженерного анализа. Основными инструментами современного компьютерного моделирования являются: программные системы геометрического моделирования и автоматизации конструкторских работ и программные системы инженерного моделирования, анализа и оптимизации.

В приводах металлургических машин широко используются рычажные механизмы (РМ), обеспечивающие высокое быстродействие и точность движения рабочих органов. Так, например, привод механизма подачи диска на рез четырехзвенной дисковой пилы реализован на основе шарнирного четырехзвенника, с исполнением в виде двухкоромыслового механизма с возвратно-вращательным движением обоих звеньев. Шарнирные четырехзвенники часто используют для воспроизведения определённых траекторий движения. Форма траектории шатуна (шатунная кривая) зависит от размеров звеньев механизма и координат центра диска. Путём их подбора можно получить шатунную кривую, которая будет незначительно отличаться от заданной траектории. Существуют варианты с движением диска пилы по дуге окружности, по прямой и по траектории, благоприятствующей меньшему износу зубьев диска пилы [1–2].

Применение специализированных машиностроительных САПР позволяет выполнять анализ движения РМ. К подобным продуктам следует отнести [3]: Roberts Animator от Heron Technologies, APM WinSlider разработки НТЦ «Автоматизированное проектирование машин» — МГТУ им. Н.Э. Баумана; Linkages, OSMEC, Workbench от ESDU International. Известны исследования кинематического и динамического анализа механизмов с применением компонентов T-Flex компании «Топ Системы». Имеется опыт использования интегрированной в MathLab графической среды имитационного моделирования Simulink и модулей SimMechanics и SoftLink для синтеза и анализа РМ и исследования динамики сложных механизмов.

Проектирование и синтез многозвенных приводных РМ для реализации сложных законов движения является весьма трудоёмкой задачей. Существующие системы автоматического проектирования (САПР) машиностроительного профиля ориентированы в первую очередь на автоматизацию разработки чертежной документации и на проектирование типовых деталей и узлов машин. Механическое оборудование металлургического производства зачастую характеризуется уникальностью и сложностью конструкции к которой предъявляют ряд дополнительных требований надёжности и соблюдения специальных эксплуатационных показателей. К подобному оборудованию относят, устанавливаемые на участке резки горячего металла сортопрокатного цеха, дисковые пилы. Поэтому, исследование сложных технических объектов, требующее дополнительного регулирования конструктивных и технологических параметров моделируемой машины, следует осуществлять путем совмещения возможностей «коробочных» версий продуктов САПР с разнообразными по виду интерфейса и способу программной реализации индивидуальными разработками. Например, для совершенствования процесса резки сортовых профилей, отличающихся значительным разнообразием форм и типоразмеров, авторами на основе языка программирования Basic, была разработана математическая модель дисковой пилы [4]. Результаты моделирования дают

представление о кинематических параметрах разделительного процесса (траектория, скорость узлов механизма подачи пилы); устанавливают взаимосвязь между текущей длиной пропила в заготовке и силами, действующими в очаге реза; позволяют производить сопоставительный анализ работы резки простых сортовых и фасонных профилей в зависимости от расположения профиля на стеллаже, параметров разрезаемой заготовки и технологических характеристик процесса.

В этой связи, для расширения представлений о проектировании высокоскоростных пил горячей резки сложнопрофильного металлопроката необходимо учитывать динамические нагрузки РМ и инерционность ускоряемых масс узла диска пилы. В некоторых случаях массивные элементы конструкции играют положительную роль, выступая в качестве маховика — обладающего запасом кинетической энергии, что актуально для так называемого «динамического» реза (в случае применения роторных пил, характеризующихся высокими скоростями подачи, собственно процесс резания длится десятые доли секунды и маховики в приводе диска отдают кинетическую энергию, накопленную на холостом ходу). Зачастую от излишней инерционности следует избавляться. В этой связи задача рационального подбора размеров узла диска приобретает определенную актуальность.

На первом этапе в среде трехмерного моделирования Siemens NX была выполнена параметрическая модель узла диска пилы (рис. 1). За основу взята конструкция передвижной пилы горячей резки >1800 мм участка резки полунепрерывного крупносортового стана 600. Это позволило получить данные о массе (1062 кг) и моменте инерции ($J_{\phi} = 129,73 \text{ кгм}^2$) узла диска пилы.

В дальнейшем, на основе методики [1, 5] определения мощности двигателя, учитывающей использование энергии маховых масс механизма для выполнения некоторой доли работы резания, получена зависимость требуемого момента инерции J_T узла вала диска (вал, диск, план-шайба и крепежные элементы план-шайбы) от силовых, конструктивных и технологических параметров разделительной установки:

$$J_T = F_t R \frac{t_p (t_u - t_p - 0,1t_{xx})}{t_u \cdot \omega \cdot S} \left(1 - \frac{S}{2}\right),$$

где F_t — окружная сила резки; R — радиус режущей периферии диска пилы; t_u, t_p, t_{xx} — соответственно, продолжительность цикла от реза до реза, время резания, время от окончания реза до начала следующего; ω — угловая скорость вала диска; S — критическое скольжение электродвигателя (обусловленное номинальным скольжением и коэффициентом перегрузки электродвигателя [5]).

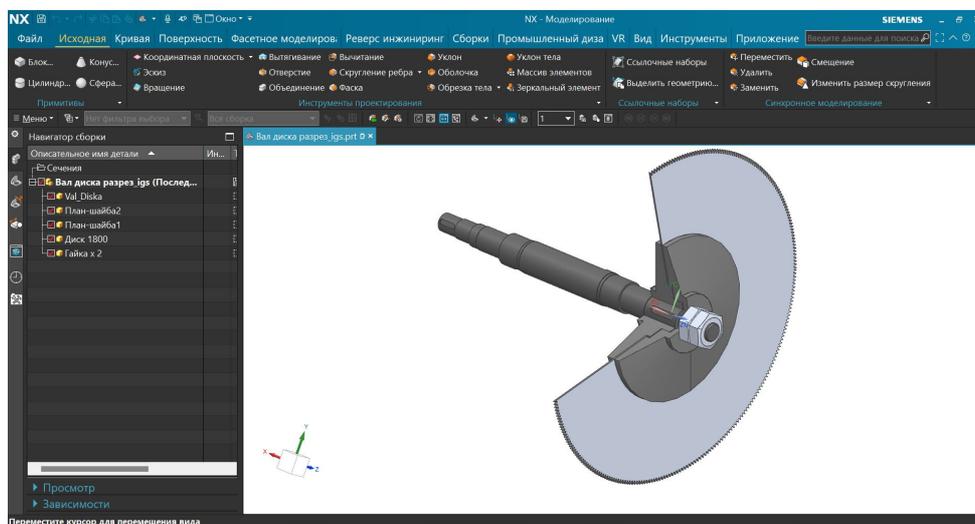


Рисунок 1 — 3-D модель узла диска пилы горячей резки проката

Для нормального функционирования необходимо чтобы фактический момент инерции был больше требуемого. На рисунке 2 представлены графики изменения момента инерции в зависимости от времени резания t_p и номинального скольжения электродвигателя $S_H = 5\text{--}20\%$.

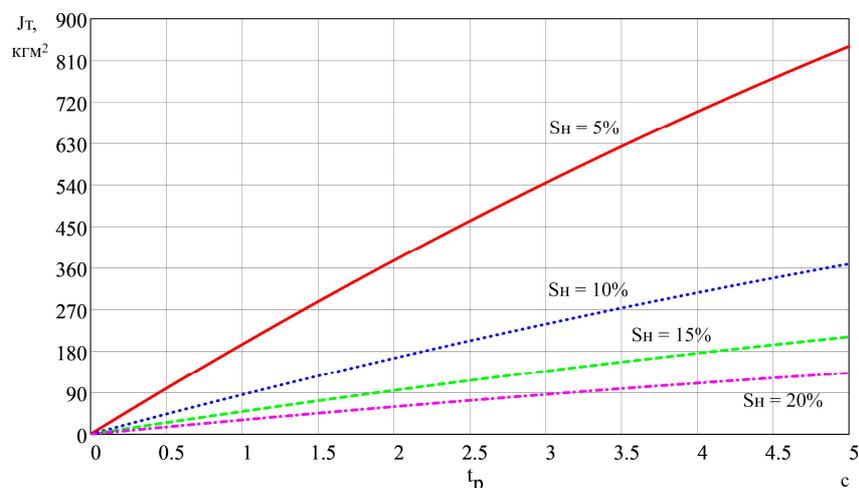


Рисунок 2 — Зависимость момента инерции вала диска от времени резания и номинального скольжения электродвигателя

Полученная зависимость позволяет учитывать силовые, конструктивные и технологические параметры разделительной установки в расчете энергетического баланса механизма резания и производить сопоставительный анализ требуемого J_T и фактического J_Φ момента инерции узла вращения диска пилы.

Список литературы

- Ищенко, А. А. Пилы горячей резки проката. Конструкции и расчет : монография / А. А. Ищенко, Е. А. Лоза ; ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет». — Мариуполь : ГВУЗ «ПГТУ», 2012. — 251 с.
- Пат. 97849 UA, МПК В23D 45/00. Чотириланкова дискова пила для поперечного різання сортового металопрокату / П. О. Петров, П. В. Боровік, М. Е. Селезнев ; заявник Донбаський державний технічний університет. — № u201410643 ; заявл. 29.09.14 ; опубл. 10.04.15., Бюл. № 7.
- Кикин, А. Б. Разработка методов и средств для структурно-кинематического проектирования рычажных механизмов машин легкой промышленности : дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.13 / А. Б. Кикин ; СПбГУТД. — Санкт-Петербург, 2006. — 362 с.
- Шпаков, В. А. Математическая модель дисковой пилы горячей резки / В. А. Шпаков, П. А. Петров // Сборник научных трудов ДГМИ. — Алчевск : ДГМИ, 2003. — № 17. — С. 292–298.
- Крылов, Н. И. Исследование энергетического баланса электропривода пил горячей резки / Н. И. Крылов, Н. И. Голубенко, А. К. Лекай // Автоматизация и электропривод металлургических машин и агрегатов: сборник трудов ВИИМЕТМАШ. — 1977. — № 47. — С. 56–69.