

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ТОРМОЗНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДАЮЩЕГО АППАРАТА ПИЛЬГЕРСТАНА

OPTIMAL CHOICE OF FORGOLLER'S BRAKE PERFORMANCE OF PILGER ROLLER MILL

Ю.А. Попов Ю.А. Ю.Б. Чечулин, В.М. Зиомковский
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени Первого Президента России Б. Н. Ельцина», г.
Екатеринбург, ул. Мира, 19,
contact@urfu.ru

Abstract

Dynamic model of forholler of pilger rolling mill is represented taking into account choice of optimal work performance to obtain the shockless behavior during brake period.

Трубопрокатные агрегаты с пилигримовым станом применяют для изготовления бесшовных труб больших диаметров от 140 до 720 мм с толщиной стенки 2,5 – 80 мм из углеродистых и низколегированных сталей. Пилигримовая прокатка является периодическим процессом, при котором вращение валков рабочей клетки осуществляется против движения подачи заготовки.

На входной стороне пилигримового стана наиболее ответственным механизмом является подающий аппарат трубной заготовки (форголлер). От его надежности в значительной степени зависит работа стана и производительность всего агрегата.

Основная задача форголлера – подача гильзы в образующий зев валка на определенную величину и поворот ее вокруг собственной оси на заданный угол. Подача должна осуществляться синхронно с вращением прокатных валков, что выдвигает дополнительные требования – торможение и остановка должно осуществляться мягко и в строго заданном положении.

Во всех агрегатах существующих станов подача гильзы в валки осуществляется пневматическим приводом. Торможение может осуществляться разными способами – с использованием гидравлических или механических устройств. В последнее время широкое распространение в эксплуатации получили подающие аппараты с гидравлическим торможением. Конструкция их включает воздушную камеру с расположенным в ней поршнем, гидравлическую камеру, содержащую тормозную втулку и взаимодействующую с ней поршень. Оба поршня закреплены на общем штоке, проходящем через воздушную и гидравлическую камеры и соединенным с одной стороны с поршнем воздушной камеры, а с другой – с дорновой головкой.

На рис. 1 представлена модернизированная конструкция гидравлической камеры подающего аппарата пильгерстана №2 Челябинского трубопрокатного завода.

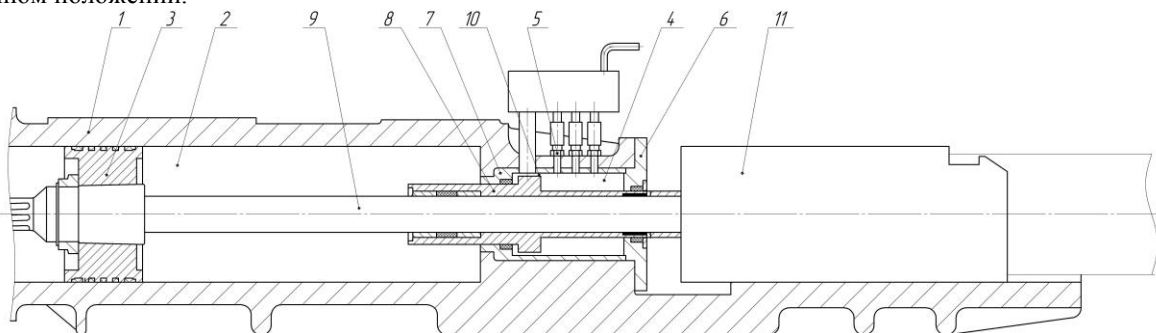


Рис. 1

1 – корпус форголлера; 2 – воздушная камера; 3 – воздушный поршень; 4 – гидрокamera; 5 – дросселирующие отверстия; 6 – фланцевая крышка; 7 – тормозная втулка; 8 – гидропоршень; 9 – шток; 10 – кольцевая щель; 11 – дорновый замок

В корпус тормозной камеры форголлера помещается тормозная втулка, которая с одной стороны упирается в задний опорный узел, а с другой – подпирается фланцевой крышкой. Гидравлический поршень выполнен в виде втулки, которая посажена на шток форголлера с возможностью свободного перемещения вдоль него. При возвратном движении штока контакт воздушного поршня с поршневой втулкой гидравлического поршня разделяет период подачи

заготовки к валкам на разгон и торможение подвижных масс, включающих патрон заготовки (дорновую головку), дорн и прокатываемую заготовку. Торможение осуществляется за счет гидравлического сопротивления истечению жидкости через кольцевую щель и дросселирующие отверстия. Для этой конструкции получено положительное решение на заявку полезной модели «Подающий механизм пилигримового стана».

Актуальной задачей для такого типа тормозного устройства является определение постоянных параметров тормозной камеры, определяемых конструкцией и переменных, управляющих параметров, которые дают

возможность настроить режим торможения под определенный типоразмер прокатываемой трубы.

Рассмотрим этапы разгона и торможения вышеописанного форголлера при следующих значениях параметров:

ПОСТОЯННЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 1

ПАРАМЕТР	ОБОЗНАЧЕНИЕ, ЕД. ИЗМ.	ЧИСЛЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ
Активная площадь воздушного поршня	$F_1, \text{м}^2$	0,298
Длина воздушного пространства в крайнем переднем положении поршня, приведенная к поршню	$H, \text{м}$	2,0
Откат поршня за время прокатки (ход поршня)	$h, \text{м}$	1,55
Показатель адиабаты для атмосферного воздуха	k	1,4
Площадь гидравлического поршня	$F_2, \text{м}^2$	0,101
Плотность рабочей жидкости (вода)	$\rho, \text{кг/м}^3$	1000
Динамическая вязкость жидкости (вода)	$\mu, \text{Па} \cdot \text{с}$	0,01
Диаметр гидравлического поршня	$D_F, \text{м}$	0,437
Диаметр опорного штока	$D_{ш}, \text{м}$	0,250
Начальный диаметр гидровтулки на начальном конусе	$D_0, \text{м}$	0,460
Конечный диаметр гидровтулки на начальном конусе	$D_1, \text{м}$	0,446
Диаметр гидровтулки на цилиндрическом участке	$D_2, \text{м}$	0,439
Длина тормозной камеры	$l, \text{м}$	0,355
Сила трения	$R_{тр}, \text{Н}$	5000

ПЕРЕМЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 2

ПАРАМЕТР	ОБОЗНАЧЕНИЕ, ЕД. ИЗМ.	ЧИСЛЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ
Масса подвижных частей аппарата	$m_{np}, \text{кг}$	8000, 10000, 12000
Начальное давление воздуха в пневмокамере	$p_0, 10^5 \cdot \text{Па}$	1,2 – 2,0
Количество рядов отверстий в тормозной камере	$n, \text{шт}$	max 4
Количество отверстий в 1-м ряду	$n_1, \text{шт}$	max 2
Количество отверстий в 2-м ряду	$n_2, \text{шт}$	max 2
Количество отверстий в 3-м ряду	$n_3, \text{шт}$	max 2
Количество отверстий в 4-м ряду	$n_4, \text{шт}$	max 2
Диаметр дросселирующего отверстия	$d_0, \text{мм}$	max 30

Период разгона из крайнего заднего положения осуществляется сжатым воздухом в пневматической камере. Для этого этапа расчета уравнение движения запишется в виде:

$$m_{np} \cdot \ddot{x} - p_0 \cdot F_1 \left(\frac{H}{H - h + x} \right)^k + R_{тр} = 0, \quad (1)$$

где m_{np} – масса подвижных частей аппарата и гильзы;

F_1 – активная площадь воздушного поршня;

p_0 – начальное давление воздуха в пневмокамере;

H – длина воздушного пространства в крайнем переднем положении поршня, приведенная к поршню;

h – откат поршня за время прокатки (ход поршня);

$R_{тр}$ – сила трения,

k – показатель адиабаты для атмосферного воздуха.

Результатом решения уравнения (1) является значение времени разгона и конечной скорости разгона, которая будет являться начальным условием для этапа торможения.

В период активного гидравлического торможения поршня, проходящего вдоль тормозной втулки, при известных размерах тормозной камеры уравнение движения приобретает вид:

$$m_{np} \cdot \ddot{x} + p_0 \cdot F_1 \left(\frac{H}{H-l+x} \right)^k - p_r \cdot F_2 - R_{mp} = 0, \quad (2)$$

где p_r - давление в гидравлической камере в процессе торможения.

$$p_r = \frac{12 \cdot \mu \cdot Q \cdot l'}{b \cdot (\delta + f/b)^3} + \frac{\rho \cdot Q^2}{2 \cdot b^2 \cdot (\delta + f/b)^2}, \quad (3)$$

$$m_{np} \cdot \ddot{x} + p_0 \cdot F_1 \left(\frac{H}{H-l+x} \right)^k - \frac{12 \cdot \mu \cdot F_2^2 \cdot \dot{x} \cdot l'}{b \cdot (\delta + f/b)^3} - \frac{\rho \cdot F_2^3 \cdot \dot{x}^2}{2 \cdot b^2 \cdot (\delta + f/b)^2} - R_{mp} = 0 \quad (4)$$

На рис.2 изображено графическое решение уравнения (4) для подвижной массы 10000 кг. Наибольший интерес представляет величина конечной скорости торможения подвижных масс. При этом необходимо учесть, что время торможения t_2 полностью зависит от времени разгона t_1 , поскольку суммарное время подачи гильзы к валкам ограничено скоростью прокатки и

где $Q = F_2 \cdot \dot{x}$ - суммарный расход жидкости через кольцевую щель и дросселирующие отверстие;

μ - динамическая вязкость жидкости;

l' - длина кольцевой щели. Главным образом, определяется либо длиной гидропоршня, либо длиной камеры.

Первое слагаемое уравнения (2) представляет собой потери давления на трение в жидкости, а второе гидродинамические потери. Подставив (3) в (2), получим:

составляет в рассматриваемом случае 0,5 с. Процесс торможения фактически зависит от следующих параметров: начальная скорость торможения V_1 , время торможения t_2 , площадь дросселирующих отверстий $F_{др}$, количество дросселирующих отверстий, координаты расположения отверстий по длине тормозной втулки.

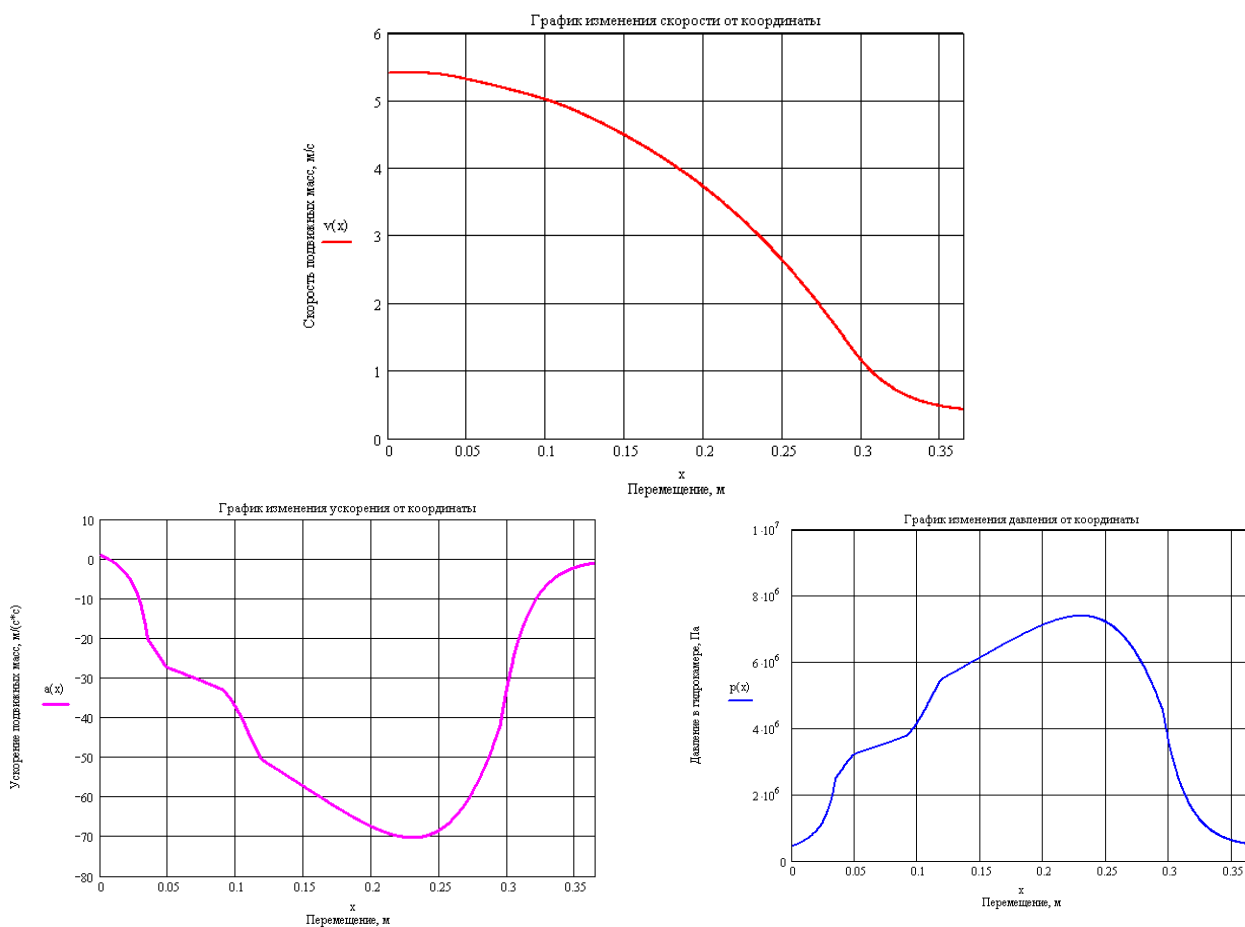


Рис. 2. Решение уравнения

Ниже представлена табл. 3 рекомендованных значений параметров, при которых динамические

характеристики подающего аппарата будут находиться в допустимых пределах.

Таблица 3

ПАРАМЕТРЫ	8000 кг	10000 кг	12000 кг
Управляющие параметры:			
Начальное давление воздуха в пневмокамере, атм	1,25	1,5	1,75
Количество отверстий в 1-м ряду	2	2	2
Количество отверстий в 2-м ряду	2	1	0
Количество отверстий в 3-м ряду	2	0	0
Количество отверстий в 4-м ряду	0	0	0
Диаметр дросселирующего отверстия, мм	25	30	20
Полученный результат:			
Конечная скорость разгона, м/с	5,76	5,664	5,6
Время разгона, с	0,31	0,32	0,32
Конечная скорость торможения, м/с	0,372	0,458	0,581
Время торможения, с	0,19	0,17	0,14
Суммарное время подачи, с	0,5	0,49	0,46
Максимальное давление в гидрокамере, атм	75	75,5	88
Максимальное ускорение в период торможения, м/с ²	90	71	70

Настройка параметров разгона и торможения позволяет добиться оптимального режима работы подающего аппарата для различных масс заготовок. Кроме суммарного времени подачи необходимо также контролировать величину давления в тормозной камере и ускорение в период торможения, чтобы избежать рывков и обеспечить плавность работы.