В. Ф. Балакин /д. т. н./

Национальная металлургическая академия
Украины, г. Днепро, Украина

С. Л. Стасевский, Ю. Д. Угрюмов /к. т. н./

ГП «Укрспроммет», г. Днепро, Украина

В. Д. Добряк /к. т. н./

ООО «ИНТЕРПАЙП «НТЗ», г. Днепро, Украина

Совершенствование подготовки гильзы к прокатке на пилигримовом стане

V. F. Balakin /Dr. Sci. (Tech.)/

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro,
Ukraine

S. L. Stasevsky,

SE "Ukrsprommet", Dnipro, Ukraine

Yu. D. Ugriyomov /Cand. Sci. (Tech.)/

V. D. Dobryak /Cand. Sci. (Tech.)/

"INTERPIPE "NTZ" Ltd, Dnipro, Ukraine

Improving the preparation of the liner for rolling on the pilger mill

Цель. На основе анализа особенностей процесса горячей пилигримовой прокатки труб разработать новый усовершенствованный способ подготовки гильз на дорне путем обжатия их задних концов профильными бойками горизонтального гидравлического пресса.

Методика. Решение задачи определения среднего удельного давления на контакте гильзы с дорном при обжатии ее заднего конца профильными бойками пресса с помощью метода линий скольжения.

Результаты. В статье приведены результаты теоретического определения среднего удельного давления и ширины площади контактной поверхности между гильзой и дорном при обжатии заднего конца гильзы профильными бойками горизонтального гидравлического пресса. Полученные результаты позволяют определить условия для предотвращения сползания гильзы с дорна при движении их к валкам в фазе торможения.

Научная новизна. Установлены основные факторы, влияющие на обеспечение сцепления гильзы с дорном, и рассчитаны значения средних удельных давлений на контакте металла с дорном при обжатии профильными бойками, а также ширина площади контакта и необходимая толщина бойков. Установлено, что толщина бойков двухбойкового пресса может быть принята одинаковой для всех размеров гильз сортамента ТПА 5-12".

Практическая значимость. Результаты проведенных теоретических исследований могут быть использованы для модернизации и реконструкции участка внестановой зарядки пилигримового стана ТПА 5-12" за счет установки горизонтальных гидравлических прессов с двухбойковыми профильными бойками. Это позволит увеличить производительность стана за счет предотвращения сползания гильзы с дорна в период их наката к валкам путем создания необходимых сил сцепления между гильзой и дорном. Кроме того, это позволит облегчить условия затравочного режима пилигримовой прокатки, что снизит машинное время и повысит производительность. (Ил. 5. Табл. 2. Библиогр.: 4 назв.)

Ключевые слова: труба, гильза, пилигримовый стан, гидравлический пресс, боек, дорн, производительность.

Введение. Для снижения вспомогательно-го времени прокатки на пилигримовых станах применяют механизмы для внестановой зарядки дорнов в гильзы. При этом экономится время, затрачиваемое на выполнение операции ввода дорна в гильзу, и частично время, необходимое для укладки гильзы в желоб пилигримового стана. Однако использование механизмов внестановой зарядки дорнов имеет и свои отрицательные стороны. Ввиду того, что ввод дорна в гильзу происходит вне стана, существенно возрастает

время соприкосновения дорнов с нагретой до высокой температуры гильзы, что соответственно сказывается на повышении температуры металла дорна еще до начала процесса пилигримовой прокатки. Все это, а также односторонний контакт дорнов с металлом гильзы до начала процесса прокатки повышает степень и неравномерность износа дорнов, а также их кривизну. Соответственно это снижает точность размеров труб и ухудшает состояние их внутренней поверхности [1].

Изложение основных результатов исследований

Обжатие гильзы на дорне продольными горизонтальными бойками

Этот процесс можно условно представить тремя стадиями. Первая стадия (рис. 1) проходит от момента соприкосновения наклонных граней бойков с поверхностью гильзы до момента проникновения очага пластической деформации на внутреннюю поверхность гильзы. Для определения хода каждого из бойков в этой стадии примем следующие допущения: зона затрудненной деформации в виде клина БЛВ растет вместе с ростом ширины контактной площади (хорды) БВ; границы этого клина БЛ и ВЛ – прямые линии, исходящие из точек Б и В под углом 45° , что означает отсутствие сил трения на контактной поверхности БВ.

Принимаем следующие обозначения: S – ход бойка, δ – радиальный зазор между дорном и гильзой; R_r и r_r – радиусы наружной и внутренней поверхностей гильзы соответственно; $S = R_r - r_r$ – толщина стенки гильзы; R_d – радиус дорна (средний).

На рис. 1 показан момент выхода пластического клина на внутреннюю поверхность гильзы. Для этого момента найдем связь между ходом бойка S и геометрическими параметрами гильзы:

Стрела сегмента $AK = \frac{\sqrt{2}}{2}S$; длина хорды $BV = 2\sqrt{2AK \times R_r - (AK)^2}$; высота треугольника БЛВ:

$$ЛК = \frac{1}{2}BV = \sqrt{2AK \times R_r - (AK)^2}; \quad (1)$$

выражение ЛК через геометрические параметры:

Рис. 1. Схема первой стадии обжатия гильзы плоской гранью бойка: 1 – боек, 2 – гильза, 3 – дорн

$$ЛК = S' - АК \quad (2)$$

Приравняв правые части уравнений (1) и (2), получим:

$$2\sqrt{2AK \times R_r - (AK)^2} = S' - АК \quad (3)$$

В результате преобразований ход бойка определяется из выражения:

$$S = \frac{R_r + S'}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{R_r^2 + 2R_r \times S' - (S')^2} \quad (4)$$

Подставляя в выражение (4) конкретные числовые значения R_r и S' , получим величину хода бойка S , необходимую для начала закрытия зазора δ между гильзой и дорном. Вторая стадия (рис. 2) проходит от момента выхода пластической деформации на внутреннюю поверхность гильзы до выборки зазора δ между гильзой и дорном в одной точке. Будем считать, что это произойдет, когда граничные линии скольжения БН и ВН очага деформации сойдутся в точке Н. Из рис. 2 следует:

$$НК + КА = S' + \delta, \quad (5)$$

где

$$НК = \sqrt{\sqrt{2} \times S \times R_r - 0.5S^2} \quad (6)$$

Приравняв НК из выражений (5) и (6), получаем:

$$S' + \delta - \frac{\sqrt{2}}{2}S = \sqrt{\sqrt{2} \times S \times R_r - 0.5S^2} \quad (7)$$

После преобразования выражения (7) и подстановки конкретных числовых значений ($R_r = 40\text{мм}$, $S' = 15\text{мм}$ – для модели гильзы в масштабе 1:5) получим уравнение (8), связывающее параметры S и δ :

Рис. 2. Схема второй стадии обжатия гильзы плоской гранью бойка: 1 – боек, 2 – гильза, 3 – дорн

$$\delta^2 + S^2 + 30\delta - 21.2 \times S + S(1.414\delta - 56.57) + 225 = 0 \quad (8)$$

Подставляя в уравнение (8) различные значения зазора δ , получим соответствующие значения хода бойка S в виде графика (рис. 3).

Третья стадия (рис. 4) характеризуется ростом ширины площади контакта между гильзой и дорном после выборки зазора в точке Н. На рис. 4 эта стадия изображена в произвольный момент, когда ширина площади контакта равна ЖЕ. Параметр ЖЕ определяем из подобия треугольников НВВ' и НЖЕ:

$$\text{ЖЕ} = \frac{\text{БВ} \times \text{НЕ}}{\text{НВ}} \quad (9)$$

Из рис. 4 имеем: длина хорды:

$$\text{БВ} = 2\sqrt{2\text{АК} \times R_r - (\text{АК})^2} = 2\sqrt{1,414S \times R_r - 0.5S^2}$$

Для компактности формул обозначим

$$\sqrt{1,414S \times R_r - 0.5S^2} = F,$$

тогда:

$$\text{БВ} = 2F \quad (10)$$

Катет НЕ = ОЕ - ПН, если учесть, что ПН = ВВ', то НЕ = ОЕ' - ВВ'.

Здесь ВВ' = PB × sin45° = 0,707 PB.

В свою очередь,

$$\text{PB} = \frac{\text{PP}' - \text{БВ}}{2}, \text{ а } \text{PP}' = 1,414 (1,414 R_r - S),$$

$$\text{тогда } \text{PB} = 0,707 (1,414 R_r - S) - \sqrt{1,414 S R_r - 0,5 S^2}.$$

Обозначая $0,707 (1,414 R_r - S) = K$, получим:

$$\text{ПВ} = K - F$$

$$\text{ВВ}' = 0,707 \times \text{PB} = 0,707 (K - F).$$

$$\text{ОЕ}' = \sqrt{R_d^2 - (\text{ВВ}')^2} = \sqrt{R_d^2 - [0,707 (K - F)]^2}$$

$$\text{НЕ} = \text{ОЕ}' - \text{ВВ}' = \sqrt{R_d^2 - [0,707 (K - F)]^2} - 0,707 (K - F). \quad (11)$$

Определяем НВ = ОВ' - ПН = ОВ' - ВВ'

$$\text{ОВ}' = \sqrt{R_r^2 - (\text{ВВ}')^2} = \sqrt{R_r^2 - [0,707 (K - F)]^2}$$

Тогда

$$\text{НВ} = \sqrt{R_r^2 - [0,707 (K - F)]^2} - 0,707 (K - F) \quad (12)$$

Наконец, определяем выражение для ЖЕ:

$$\text{ЖЕ} = \frac{2F \times \sqrt{R_d^2 - [0,707 (K - F)]^2} - 0,707 (K - F)}{\sqrt{R_r^2 - [0,707 (K - F)]^2} - 0,707 (K - F)} \quad (13)$$

Подставляя в выражение (13) значения $R_r = 40$ мм, $R_d = 24$ мм и придавая значения $S = 4, 6$ и 8 мм, вычислим по этой формуле значение ЖЕ, которое представим в виде графика на рис. 5

Рис. 3. Зависимость между радиальным зазором δ и ходом бойка S , необходимым для начала контактирования гильзы и дорна

Рис. 4. Схема третьей стадии обжатия гильзы плоской гранью бойка: 1 - боек, 2 - гильза, 3 - дорн

Рис. 5. Изменение ширины площади контакта гильзы с дорном в зависимости от хода бойка

Определение силы сцепления гильзы и дорна с целью недопущения сползания гильзы

Ранее были исследованы стадии обжатия гильзы на дорне прямоугольными горизонтальными бойками, получены аналитические выражения для определения хода каждого бойка, соответствующего началу и окончанию выборки зазора между гильзой и дорном, а также ширине площади контакта между ними. Не менее важным является определение силы сцепления гильзы и дорна при обжатии с целью недопущения сползания гильзы с дорна в фазе торможения подвижных частей подающего аппарата пилигримового стана в период подачи гильзы в валки.

Рассмотрим упрощенное поле линий скольжения, возникающее в стенке гильзы между рабочей

гранью БВ бойка и дугой ЖЕ на поверхности дорна, которую заменим хордой ЖЕ (рис. 6). Задачу будем считать плоской без учета контактного трения на поверхностях бойка и дорна. Согласно методу Джонсона [2] упрощенное поле линий скольжения состоит из ряда прямых линий, в котором имеет место разрыв скоростей вдоль этих линий. Построение годографа скоростей начинаем в произвольном масштабе. Из полюса откладываем компоненту ОР скорости V_u бойка, направленную по радиусу, перпендикулярную рабочей грани бойка. В очагах деформации KBM и КБД скорость V_u имеет по две компоненты: OQ вдоль линии KM и PQ вдоль линии MB – в первом очаге деформации; OQ' вдоль линии КД и PQ' вдоль линии ДВ – во втором очаге деформации.

Скорость OQ в очаге деформации KK'M имеет также две компоненты: OR вдоль линии KK' и RQ вдоль линии K'M. Аналогичная скорость OQ' в очаге деформации КБД имеет компоненты: OR вдоль линии KK' и RQ' вдоль линии К'Д. В свою очередь, скорости RQ и RQ' в очагах деформации K'ME и К'ДЖ имеют по две компоненты: RS вдоль линии EM и SQ вдоль линии K'E в очаге K'ME; RS' вдоль линии K'Ж и S'Q' вдоль линии ЖД в очаге К'ДЖ.

И наконец, скорости SQ и S'Q' в очагах деформации соответственно K'K"E и K'K"Ж имеют по две компоненты скорости ST и S'T' вдоль линии K'K"; TQ и T'Q' вдоль линии ЖЕ. Следует отметить, что вдоль линий KK' и K'K" нет разрыва скоростей.

Верхнеграничную удельную нагрузку p_6 на рабочей грани БВ бойка можно вычислить согласно выражению [2, с. 220]:

$$p_6 \times BB = \frac{2}{\sqrt{3}} \int_s \sigma_s \frac{V_{ck}}{V_u} ds = \frac{2\sigma_s}{\sqrt{3}} \left(KM \frac{OQ}{V_u} + MB \frac{PQ}{V_u} + KM \frac{RQ}{V_u} + K'E \frac{SQ}{V_u} + EM \frac{RS}{V_u} + K''E \frac{TQ}{V_u} \right). \quad (14)$$

Откуда:

$$p_6 = \frac{2\sigma_s}{\sqrt{3}} \left(\frac{KM}{BB} \times \frac{OQ}{V_u} + \frac{MB}{BB} \times \frac{PQ}{V_u} + \frac{K'M}{BB} \times \frac{RQ}{V_u} + \frac{K'E}{BB} \times \frac{SQ}{V_u} + \frac{EM}{BB} \times \frac{RS}{V_u} + \frac{K''E}{BB} \times \frac{TQ}{V_u} \right) \quad (15)$$

Измерив соответствующие отрезки линий скольжения на рисунке и скоростей на годографе и подставив полученные значения в выражение (15), имеем среднее удельное давление на рабочей грани бойка:

$$p_6 = \frac{2\sigma_s}{\sqrt{3}} \times 0,8 = 0,92\sigma_s \quad (16)$$

Среднее удельное давление на контакте ЖЕ гильзы и дорна найдем из условия равновесия трапеции БВЕЖ как жесткого тела под действием следующих сил:

– результирующей силы от удельного давления на линии БВ:

$$p_6 \times BB;$$

– результирующей силы от удельного давления на линии ЖЕ:

$$p_d \times JE;$$

– двух проекций сил от напряжений τ_s на линиях ВЕ и БЖ:

$$\tau_s \times BE \times \sqrt{2}.$$

Запишем условие равновесия этих сил:

$$-p_6 \times BB + p_d \times JE + \tau_s \times BE \times \sqrt{2} = 0.$$

Откуда:

$$p_d = p \frac{BB}{JE} - \tau_s \frac{BE}{JE} \times \sqrt{2}. \quad (17)$$

Измерив длины отрезков БВ, ВЕ и ЖЕ и подставив полученные значения в (17), имеем:

$$p_d = 4 p_6 - 2,97 \tau_s.$$

Но, $p_6 = 0,92\sigma_s$; $\tau_s = 0,577 \sigma_s$. Тогда $p_d = 1,97\sigma_s$.

Воспользуемся тем же полем линий скольжения для установления зависимости ширины ЖЕ площади контакта гильзы и дорна от размеров гильзы и хода бойка. Из рис. 6 имеем:

$$JE = \sqrt{2} K''E, \text{ но } K''E = \frac{1}{2} KM, \text{ а } KM = \frac{KB}{\sqrt{2}}$$

$$KB = \frac{1}{2} BB = \sqrt{1,414S \times R_r - 0,5S^2}.$$

Следовательно,

$$JE = 0,5 \sqrt{1,414S \times R_r - 0,5S^2}. \quad (18)$$

Разделив обе части выражения (18) на радиус гильзы, получим критериальное уравнение, удобное для расчета хода бойка при обжатии гильзы, отличной по размеру от известной.

$$\frac{JE}{R_r} = 0,5 \sqrt{1,414 \frac{S}{R_r} - 0,5 \left(\frac{S}{R_r} \right)^2}. \quad (19)$$

Например, на рис. 6 в масштабе 1:2 изображена 1/4 часть сечения гильзы диаметром 320 мм. Из рисунка следует, что ЖЕ = 40 мм (в натуре), а ход бойка $S = 28$ мм. Критерий подобия $\frac{S}{R_r} = \frac{28}{160} = 0,175$. Следовательно, критерий подобия $\frac{JE}{R_r}$ согласно уравнению (19) равен:

$$\frac{JE}{R_r} = 0,5 \sqrt{1,414 \times 0,175 - 0,5(0,175)^2} = 0,2409 \quad (20)$$

Допустим, требуется найти ширину площади контакта при обжатии гильзы диаметром 505 мм. Согласно соотношению (20) находим:

$$ЖЕ = 0,2409 \times \frac{505}{2} = 60,8 \text{ мм.}$$

Подставляя $ЖЕ = 60,8$ мм и $R_r = 252,5$ мм в уравнение (18), находим соответствующий ход бойка:

$$60,8 = 0,5\sqrt{1,414 \times S \times 252,5 - 0,5S^2}.$$

Откуда $S = 44,1$ мм.

Рассчитанные таким образом ширина площади контакта и соответствующий ход бойка для гильз, которые применяются при прокатке труб на пилигримовом стане 5-12", представлены в табл. 1.

Таблица 1

Ширина контакта гильзы и дорна и соответствующий ход бойка

Гильза D×d, мм	Ширина площадки контакта ЖЕ, мм	Ход бойка S, мм
320×170	40	28
345×190	41,5	30
370×220	44,5	32,3
400×240	48	35
415×270	50	36,4
460×320	55,5	40,4
480×365	58	42,3
505×365	60,8	44,1

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать: в результате аналитического решения получены основные два параметра, определяющие способность гильзы удерживаться на дорне в фазе торможения подвижных частей подающего аппарата – это ширина площади контакта между гильзой и дорном и среднее удельное давление на этой площади, возникшее в результате обжатия гильзы бойками. Для определения силы инерции гильзы воспользуемся числовыми значениями ускорения торможения гильз, приведенными в работе [3]. В табл. 2 приведены исходные данные и результаты расчета силы инерции гильз.

При обжатии гильзы на двухбойковом прессе суммарная площадь контактов гильзы и бойков определяется по выражению:

$$\Sigma F = 4H_6 \times ЖЕ,$$

где H_6 – толщина бойка.

Суммарную силу трения, которая удерживает гильзу от сползания с дорна, записывают следующим образом:

$$\Sigma P_{тр} = p_6 \times f \times 4H_6 ЖЕ,$$

где f – коэффициент трения.

Приравнявая силу инерции гильзы и суммарную силу трения, находим необходимую толщину бойка:

$$H = \frac{P_{ин}}{4p_6 \times f \times ЖЕ} \quad (21)$$

Рассчитанная по формуле (21) при коэффициенте трения $f = 0,1$ толщина бойка для восьми размеров гильз представлена в табл. 2 (гр. 5). При этом для примера принят материал гильзы – сталь 45 при температуре 1150 °С, для которой предел текучести при статическом нагружении $\sigma_s = 23$ МПа [4]. Как видно из табл. 2, для всех размеров гильз может быть принята одинаковая толщина бойка $H_6 = 163$ мм. Для семи размеров гильз, кроме 415 × 270, эта толщина обеспечит избыток (запас) силы трения.

Выводы

1. Путем построения упрощенного поля линий скольжения в очаге деформации между рабочей гранью бойка и дорном получены два основных параметра, определяющих способность гильзы удерживаться на дорне в фазе торможения подвижных частей подающего аппарата – это ширина площади контакта гильзы с дорном и среднее удельное давление на этой площади.

2. Из условия равенства сил трения на контактных поверхностях гильзы и дорна с силой инерции гильзы при торможении подвижных частей подающего аппарата получена необходимая толщина бойков двухбойкового пресса, которая может быть принята одинаковой для всех размеров гильз.

Таблица 2

Масса, ускорение торможения, сила инерции гильз и толщина бойка

Гильза D×d, мм	Масса гильзы, кг	Ускорение торможения, м/с ²	Сила инерции, $P_{ин}$, кН	Толщина бойка, H_6 , мм
320×170	1390	35	48,65	143
345×190	1586	27,5	43,62	124
370×220	1776	32	56,83	150
400×240	1997	32,2	64,30	158
415×270	2214	31,2	69,07	163
460×320	2268	26,3	59,65	127
480×365	2439	23,3	56,83	116
505×365	2707	23,8	64,43	125

3. Изменение коэффициента трения на контактной поверхности гильзы и дорна в сторону увеличения по сравнению с принятым $f = 0,1$ в расчете будет способствовать созданию резерва сил трения и интенсификации режима торможения.

Библиографический список /References

1. Производство горячекатаных труб на современных пилгримовых установках / О. А. Пляцковский, П. Е. Осипенко, В. А. Ткаченко и др. – Ростов-на-Дону: Ростовское книжное издательство, 1971. – 203 с.

Plyatskovskiy O. A., Osipenko P. E., Tkachenko V. A. *Proizvodstvo goryachekatanykh trub na sovremennykh pilgrimovykh ustanovkakh*. Rostov-na-Donu, Rostovskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1971, 203 p.

2. Томсен Э. Механика пластических деформаций при обработке металлов / Э. Томсен, Ч. Янг, Ш. Кобаяши; пер. с англ.; под ред. Е. П. Ункова. – М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.

Tomsen E., Yang Ch., Kobayashi Sh. *Mekhanika plasticheskikh deformatsiy pri obrabotke metallov*. Moscow, Mashinostroenie, 1969, 504 p.

3. Пути модернизации тормозного устройства подающего аппарата пильгерстана / В. Д. Добрян, В. Ф. Балакин, Ю. Д. Угрюмов и др. // Теория и практика металлургии. – 2009. – № 5-6. – С. 57-63.

Dobryan V. D., Balakin V. F., Ugryumov Yu. D. *Puti modernizatsii tormoznogo ustroystva podayushchego apparata pil'gerstana*. Teoriya i praktika metallurgii. 2009, no. 5-6, pp. 57-63.

4. Зюзин В. И. Соппротивление деформации сталей при горячей прокатке / В. И. Зюзин, М. Я. Бровман, А. Ф. Мельников. – М.: Металлургия, 1964. – 270 с.

Zyuzin V. I., Brovman M. Ya., Mel'nikov A. F. *Soprotivlenie deformatsii staley pri goryachey prokatke*. Moscow, Metallurgiya, 1964, 270 p.

Мета. На основі аналізу особливостей процесу гарячої пілігримової прокатки труб розробити новий удосконалений спосіб підготовки гільз на дорні шляхом обтиску їх задніх кінців профільними бойками горизонтального гідравлічного преса.

Методика. Розв'язання завдання визначення середнього питомого тиску на контакті гільзи з дорном при стисненні її заднього кінця профільними бойками преса за допомогою методу ліній ковзання.

Результати. У статті наведено результати теоретичного визначення середнього питомого тиску і ширини площі контактної поверхні між гільзою і дорном при стисненні заднього кінця гільзи профільними бойками горизонтального гідравлічного преса. Отримані результати дозволяють визначити умови для запобігання сповзанню гільзи з дорна при русі їх до валків у фазі гальмування.

Наукова новизна. Встановлено основні фактори, що впливають на забезпечення зчеплення гільзи з дорном, і розраховано значення середніх питомих тисків на контакті металу з дорном при стисненні

профільними бойками, а також ширину площі контакту і необхідну товщину бойків. Встановлено, що товщина бойків двобойкового преса може бути прийнята однаковою для всіх розмірів гільз сортаменту ТПА 5-12”.

Практична значущість. Результати проведених теоретичних досліджень можуть бути використані для модернізації та реконструкції ділянки позастанової зарядки пілігримового стану ТПА 5-12” за рахунок установки горизонтальних гідравлічних пресів з двобойковими профільними бойками. Це дозволить збільшити продуктивність стану за рахунок запобігання сповзанню гільзи з дорна в період їх накату до валків шляхом створення необхідних сил зчеплення між гільзою і дорном. Крім того, це дозволить полегшити умови затравочного режиму пілігримової прокатки, що знизить машинний час і підвищить продуктивність.

Ключові слова: труба, гільза, пілігримовий стан, гідравлічний прес, бойок, дорн, продуктивність.

Purpose. Based on the analysis of the features of the hot pilgrim pipe rolling process, develop a new and improved method for preparing liners on the mandrel by compressing their hind ends with specialized strikers of a horizontal hydraulic press.

Methodology. The solution to the problem of determining the average specific application on the contact of the liner with the mandrel during compression of its rear end by specialized press dies using the method of slip lines.

Findings. The article presents the results of a theoretical determination of the average specific pressure and the width of the contact surface area between the sleeve and the mandrel when the rear end of the sleeve is compressed by specialized strikers of a horizontal hydraulic press. The results obtained allow us to determine the conditions for preventing the liner from slipping from the mandrel as they move toward the rollers in the braking phase.

Originality. The main factors affecting the adhesion of the liner to the mandrel were determined, and the values of average specific pressures on the contact of the metal with the mandrel were calculated during the reduction by the profile dies, as well as the width of the contact area and the required thickness of the dies. It has been established that the thickness of the strikers of a double-sided press can be assumed to be the same for all sizes of sleeves of the assortment TPA 5-12”.

Practical value. The results of the theoretical studies can be used to modernize and reconstruct a section of the off-site charging of a pilgrim mill TPA 5-12” by installing horizontal hydraulic presses with double-die profile dies. This will increase the productivity of the mill by preventing the sleeve from sliding down the mandrel during roll-up to the rolls by creating the necessary adhesion forces between the sleeve and the mandrel. In addition, it will facilitate the conditions of the seed regime pilgrim rolling, which will reduce machine time and increase productivity.

Key words: pipe, liner, pilgrim mill, hydraulic press, hammer head, mandrel, performance.

Рекомендована к публикации
д. т. н. О. П. Максименко
Поступила 10.10.2018