

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВЗАИМНОЙ БЕЗЫНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОБКАТКИ ТРУБЧАТЫХ ЗАГОТОВОК

Афанасьева М. А., Лютая А. В.

Выполнен кинематический анализ процесса взаимной обкатки трубчатых заготовок без использования специализированного инструмента трения. Исследование влияния основных технологических параметров процесса распределения металла по толщине стенки изделия позволило сделать вывод, что в принятых пределах варьирования исходных данных и определяющих факторов толщина стенки трубы равна толщине стенки днища. Сопоставление величин радиусов соответствующих диаметральных сечений темплета плоского днища и кривой теоретического профиля показало, что различия не превышают 5%, причём они минимальны, если границы зоны нагрева совпадают по длине с расположением участка начального взаимного перекрытия заготовок. В этом случае влияние внеконтактной зоны деформирования – минимально.

Виконано кінематичний аналіз процесу взаємної обкатки трубчастих заготовок без використання спеціалізованого інструменту тертя. Дослідження впливу основних технологічних параметрів процесу розподілу металу по товщині стінки виробів дозволило зробити висновок, що в прийнятих межах варіювання вихідних даних і визначальних чинників товщина стінки труби дорівнює товщині стінки днища. Зіставлення величин радіусів відповідних диаметральных перетинів темплета плоского днища і кривої теоретичного профілю показало, що відмінності не перевищують 5%, причому вони мінімальні, якщо межі зони нагріву збігаються по довжині з розташуванням ділянки початкового взаємного перекриття заготовок. У цьому випадку вплив внеконтактної зони деформування – мінімальний.

The kinematic process analysis of mutual break-tubular blanks without specialized tools friction was made. The influence has been investigated on the basic technological parameters metal process distribution to the wall thickness of the product led to the conclusion and accepted variation within the original data and the determining the pipe wall thickness equal to the thickness of the bottom wall. A comparison of the radius values in the respective diametrical sections of the flat bottom platen and the theoretical curve profile showed that the differences do not exceed 5%, moreover, they are minimal, if the heating zone boundaries coincide with the length with the site location of the initial overlap blanks. In this case, the effect of non-contact deformation zone - minimum.

Афанасьева М. А.

канд. техн. наук, доц. каф. АПП ДГМА

Лютая А. В.

канд. техн. наук, доц. каф. АПП ДГМА
neytiri77@mail.ru

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.774.74.002

Афанасьева М. А., Лютая А. В.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВЗАИМНОЙ БЕЗЫНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОБКАТКИ ТРУБЧАТЫХ ЗАГОТОВОК

Предприятия, внедрившие процесс обкатки трубчатых заготовок инструментом трения [1–3], предъявляют всё более повышенные требования к инструменту, к его износостойкости, ремонтпригодности, термостойкости, фрикционным свойствам, стоимости. При массовом производстве частая замена инструмента значительно снижает производительность обкатки и увеличивает брак.

Цель работы – провести кинематический анализ процесса взаимной безынструментальной обкатки трубчатых заготовок. Создание нового безынструментального способа ротационного деформирования труб позволяет свести к минимуму все перечисленные выше недостатки существующего инструмента трения.

При таком способе деформирования за одну технологическую операцию можно одновременно изготавливать два изделия и более. Форма изделий зависит от исходного расположения и перемещения в пространстве заготовок, условий деформирования, применения различных оправок и приспособлений и др.

Теоретические, лабораторные и промышленные исследования процесса при изготовлении изделий с плоским и коническим дном подтвердили его осуществимость и экономическую эффективность.

Этот способ обкатки заключается в том, что взаимное деформирование концевых частей вращающихся заготовок производят по их образующим при сближении в радиальном направлении (рис. 1) или относительном перемещении в тангенциальном (рис. 2) [4].

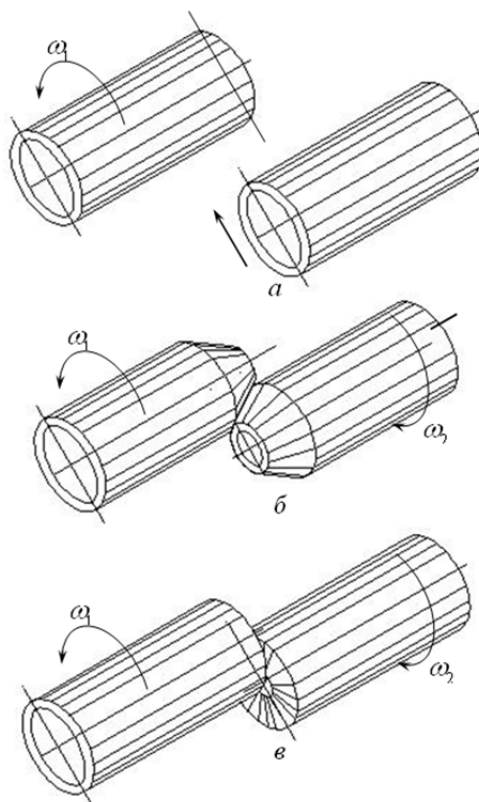


Рис. 1. Получение плоских дниц при взаимной обкатке трубчатых заготовок:

а – исходное положение заготовок; б – этап формирования малых конусов; в – этап формирования торцевой плоскости дниц

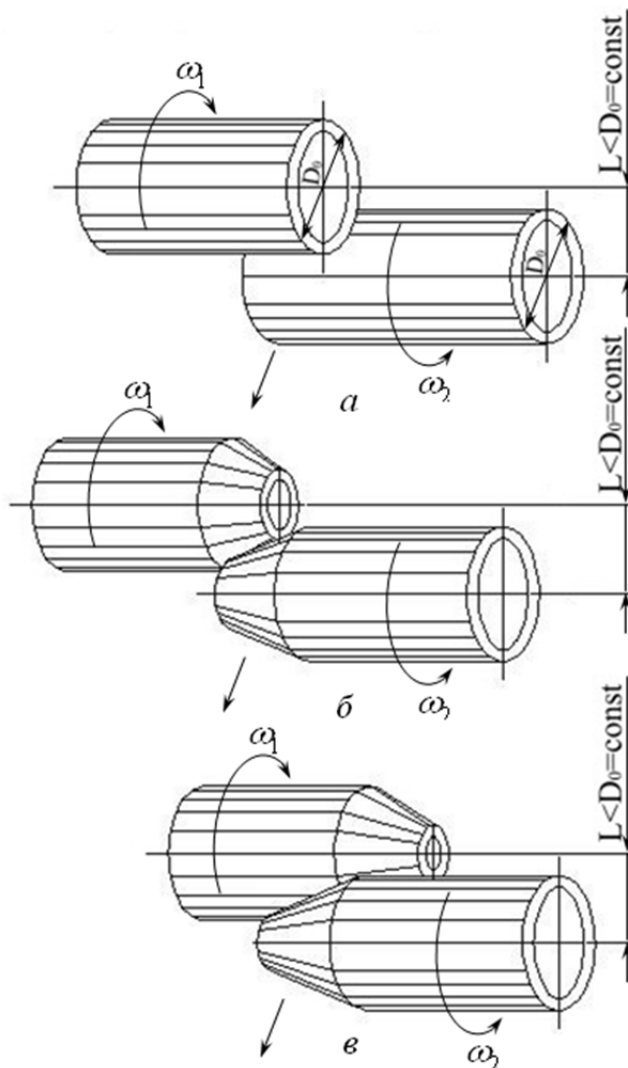


Рис. 2. Получение конусов при взаимной обкатке трубчатых заготовок:
 а – исходное положение заготовок; б – этап формирования малых конусов; в – этап формирования конечных конусов

Получение плоских дниц по схеме на рис. 1 предполагает, что длина нагрева заготовок должна быть близкой к величине l_0 .

При проведении кинематического анализа взаимодействия заготовок были приняты следующие допущения:

1. При взаимной обкатке двух трубчатых заготовок, имеющих одинаковые размеры (диаметр, толщину стенки), температуру нагрева и изготовленных из одного материала, получаются идентичные изделия.

Для обеих заготовок процесс на всех стадиях деформирования аналогичен.

В соответствии со сказанным, все дальнейшие рассуждения можно выполнять только для одной заготовки, условившись считать ее первой (все обозначения для этой заготовки имеют индекс «один»); для второй заготовки полученные выводы будут идентичны.

Направление и величина угловой скорости вращения первой заготовки принимаются за эталон, с которым сравнивается направление и угловая скорость второй заготовки.

2. Степень деформирования заготовки в начальный период обкатки в каком-либо сечении поверхности контакта пропорциональна величине вылета, на котором расположено это сечение.

Это допущение было сделано на основе анализа экспериментов, в которых процесс обкатки останавливали на различных стадиях пластического деформирования (при этом были получены изделия в виде конусов с линейной образующей).

Кроме того, контрольные опыты показали, что величина взаимного перекрытия l_0 (см. рис.1) двух заготовок в процессе деформирования меняется.

Рассмотрим причину, по которой это происходит.

Пусть в начальный момент деформирования (момент контакта заготовок) взаимное осевое перекрытие составляет l_0 (рис. 3).

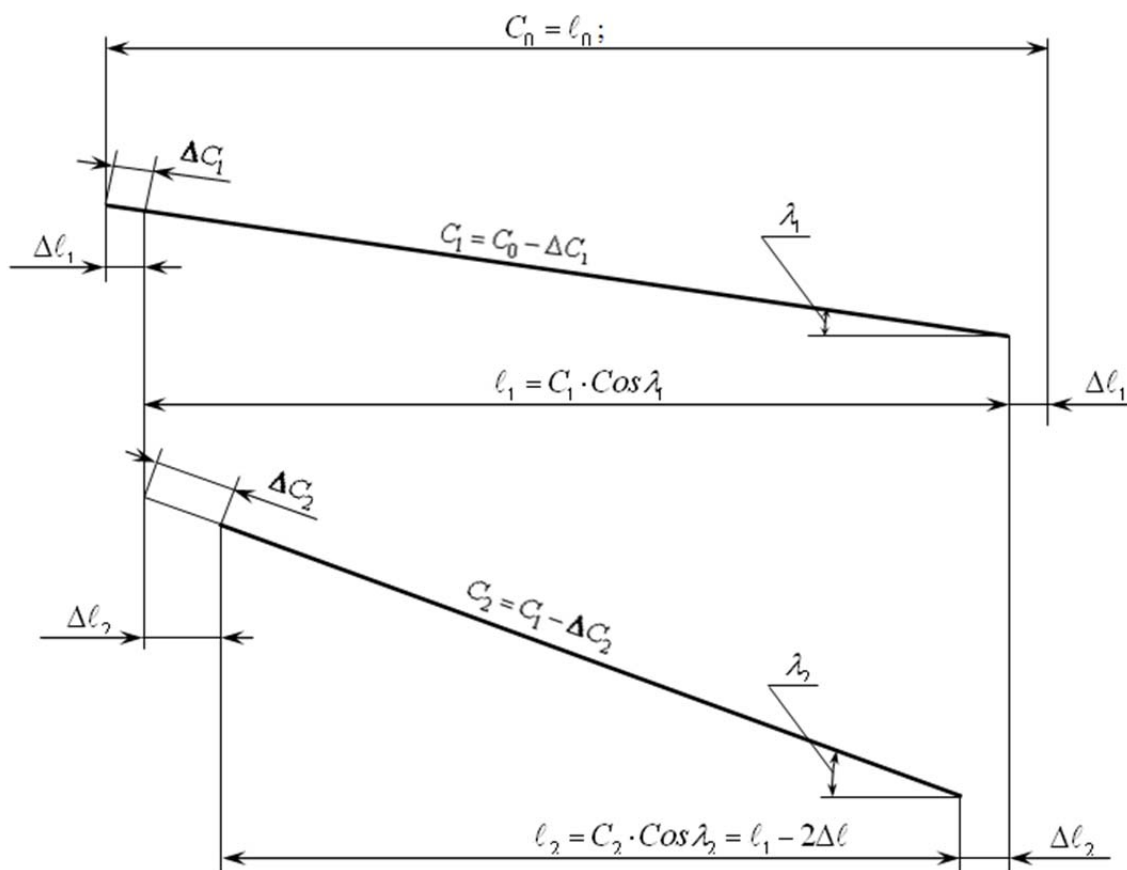


Рис. 3. Изменение величины взаимного перекрытия заготовок в процессе взаимной обкатки труб

Тогда, с учетом только что принятого допущения, после некоторого сближения заготовок, их деформируемые поверхности будут иметь форму усеченных конусов. Длина образующей каждого из конусов будет составлять $C_0 = l_0$.

Очевидно, что величина перекрытия будет теперь не l_0 , а меньше ($l_1 = C_1 \cdot \cos \lambda_1$), то есть с увеличением угла конусности λ перекрытие l будет уменьшаться.

В соответствии с первым допущением, уменьшение перекрытия l на одной из заготовок приведет к уменьшению l и на второй заготовке.

Изменение длины образующей C конуса (см. рис. 3) и длины перекрытия l в зависимости от λ или величины подачи Y удобно исследовать, дискретизируя процесс и вычисляя последовательно отрицательные приращения ΔC длины образующей. Поскольку торец второй заготовки расположен у противоположного конца перекрытия, здесь произойдет сокращение контактного участка на величину ΔC , причем

$$\Delta C_1 = \frac{\Delta \ell_1}{\cos \lambda_1} \quad (1)$$

При увеличении угла конусности на величину $\Delta \lambda$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta \lambda, \quad (2)$$

длина образующей конуса первой заготовки составит:

$$C_2 = C_1 - \Delta C_2, \quad (3)$$

а длина осевого перекрытия заготовок уменьшится и станет равной

$$\ell_2 = \ell_1 - 2 \cdot \Delta \ell_2, \quad (4)$$

(индексы показывают номер шага). Осуществляя пошаговое построение, можно получить профили изделий, которые образуются при взаимной обкатке трубчатых заготовок.

Расчеты удобно осуществлять, используя относительные (безразмерные) величины:

$$\begin{aligned} \bar{\ell}_n &= \frac{\ell_n}{\ell_0}; \\ \bar{C}_n &= \frac{C_n}{\ell_0}; \\ \Delta \bar{\ell}_n &= \frac{\Delta \ell_n}{\ell_0} \end{aligned} \quad (5)$$

и т. д.

Система безразмерных уравнений для пошагового построения профиля при взаимной обкатке включает четыре уравнения:

$$\begin{cases} \bar{\ell}_n = \bar{C}_n \cdot \cos \lambda_n, \\ \Delta \bar{\ell}_n = \frac{\bar{\ell}_{n-1} - \bar{\ell}_n}{2}, \\ \Delta \bar{C}_n = \frac{\Delta \bar{\ell}_n}{\cos \lambda_n}, \\ C_n = \bar{C}_{n-1} - \Delta \bar{C}_n. \end{cases} \quad (6)$$

Построенный профиль будет универсальным, то есть пригодным для различных значений начальных перекрытий ℓ_0 и радиусов R_0 заготовок (в пределах сохранения устойчивости стенки изделия).

Координаты точек криволинейной образующей профиля в системе координат, показанной на рис. 4, определяются значениями

$$\begin{cases} \bar{x}_n = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{\ell}_i, \\ \bar{z}_n = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{C}_i \cdot \sin \lambda_i; \end{cases} \quad (7)$$

а длина образующей равна ℓ_0 . Для упрощения процесса построения образующей, был использован интерполяционный многочлен Лагранжа [5], полученный по шести точкам, найденным в результате пошагового построения:

$$\bar{z}_i = 251,9507 \cdot \bar{x}_i^5 - 243,4069 \cdot \bar{x}_i^4 + 77,919139 \cdot \bar{x}_i^3 - 7,2962 \cdot \bar{x}_i^2 + 0,42783 \cdot \bar{x}_i. \quad (8)$$

Криволинейный участок заканчивается в точке G , где $\lambda = \frac{\pi}{2}$.

где $\sigma_T = 68 \text{ МПа}$; S_0, R_0, ℓ_0 – исходные толщина стенки, радиус и взаимное перекрытие заготовок;

ΔY – радиальное поступательное сближение заготовок за один оборот;

$K = (3 \cdot \omega_1 + \omega_2) / 2 \cdot \omega_1$ – коэффициент, учитывающий влияние величины угловых скоростей ω_1 и ω_2 и направлений вращения заготовок;

T – температура нагрева заготовки ($^{\circ}\text{C}$);

$K_{см}$ – коэффициент, учитывающий наличие (или отсутствие) смазки на деформируемых поверхностях.

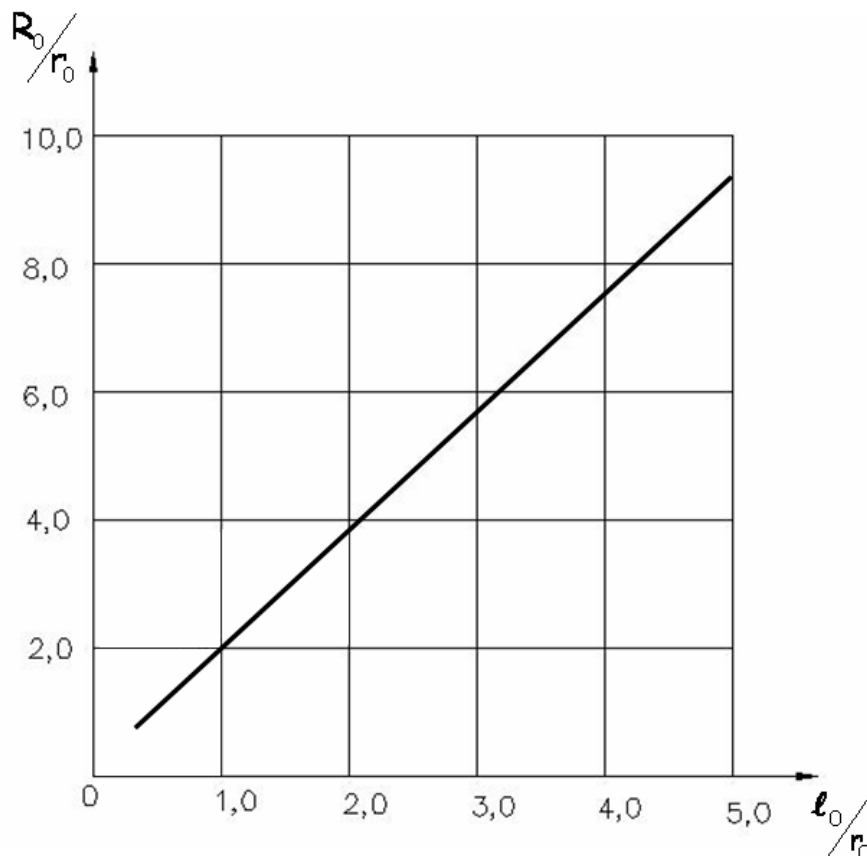


Рис. 5. График определения ℓ_0 в зависимости от R_0 и r_0

Пределы варьирования определяющих факторов представлены в табл. 1.

Сравнение расчетных и опытных данных основных и параллельных опытов позволило установить, что погрешности расчетных значений лежат в пределах, допустимых для практики (меньше 10%).

Таблица 1

Пределы варьирования определяющих факторов

Уровень	S_0/D_0	ℓ_0/D_0	$\Delta Y/D_0$	K	$T, ^{\circ}\text{C}$	μ
Верхний	0,0839	0,1944	0,0239	2,0	1250	0,2050
Нулевой	0,0625	0,1389	0,0193	1,5	1050	0,1425
Нижний	0,0417	0,0833	0,0147	1,0	850	0,0800

Путем применения метода термомеханических коэффициентов предыдущая формула была преобразована в формулу для расчета P_{cp} при взаимной обкатке заготовок из других сталей:

$$P_{cp} = 1,1288 \cdot \sigma \cdot \left(\frac{S_0}{\ell_0} \right)^{0,01906} \cdot \left(\frac{R_0}{\ell_0} \right)^{0,03428} \cdot K^{0,09183} \cdot K_{cm}^{0,03444}, \quad (10)$$

где σ – сопротивление деформации материала, соответствующее заданным значениям температуры, степени и скорости деформации.

ВЫВОДЫ

Исследование влияния основных технологических параметров процесса распределения металла по толщине стенки изделия позволило сделать вывод, что в принятых пределах варьирования исходных данных и определяющих факторов $S_0 = S_{\text{дн}}$ ($S_{\text{дн}}$ – толщина стенки днища).

Сопоставление величин радиусов соответствующих диаметральных сечений темплета плоского днища и кривой теоретического профиля показало, что различия не превышают 5%, причём они минимальны, если границы зоны нагрева совпадают по длине с расположением участка начального взаимного перекрытия заготовок. (В этом случае влияние внеконтактной зоны деформирования – минимально).

Аналогичное сопоставление радиусов отверстий в плоских днищах также дало расхождение, не превышающее 5%.

Таким образом, точность теоретических расчётов достаточна для практических целей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капорович В.Г. Производство деталей из труб обкаткой / В.Г. Капорович. – М.: Машиностроение, 1978. – 136 с.
2. Производство изделий машиностроения горячей обкаткой: монография / Под ред. В.С. Рыжикова, В.К. Удовенко. – Краматорск: ДГМА, 2006. – 284 с.
3. Разработка и внедрение технологии тангенциальной обкатки заготовок типа «баллон» и «фланец» на трубах / В.Г. Капорович, Я.Е. Пыц, Г.А. Филипенко, В.Г. Макишанцев // Кузнечно-штамповочное производство, 1989. – №5. – С.10–13.
4. Безынструментальная закатка плоских днищ на трубчатых заготовках / Афанасьева М.А. [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Вып. 5, Харьков, 2003. – С. 24–26.
5. Копченова Н.В. Вычислительная математика в примерах и задачах / Н.В. Копченова Н.В., И.А. Марон. – М.: Наука, 1972. – 368 с.