

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЗАГОТОВОК**Журавлев Д.В.***Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г.Москва*

Ключевые слова: технический пластилин, число Ньютона, число Фурье, измерение, модель устройства деформации, числа подобия, деформация, валки прокатные, измерение.

Аннотация. Изучен процесс получения деформированных заготовок на модельном материале, в качестве которого используется пластилин. В работе приведены результаты процесса деформации пластилина на модельной установке. Цель исследования - установление основных параметров процесса деформации заготовки и определение значений определяющих критериев (числа подобия процесса) и значений параметров процесса для натуральных условий деформации стали. Результаты исследований дополняют имеющиеся результаты физического моделирования деформации заготовки в устройстве с наклонными стенками. Результаты сопоставляются с результатами прокатки материала на лабораторных вальцах.

MODELING OF PROCESSES OF OBTAINING DEFORMED PREPARATIONS**Zhuravlev D.V.***Bauman Moscow state technical university, Moscow*

Keywords: technical plasticine, Newton number, Fourier number, measurement, deformation device model, similarity numbers, deformation, rolling rolls, measurement.

Abstract. Studied the process of obtaining deformed blanks on a model material, which is used as clay. The paper presents the results of the plasticine deformation process on a model plant. The purpose of the study is to establish the main parameters of the workpiece deformation process and determine the values of the determining criteria (the number of process similarity) and the values of the process parameters for the natural conditions of steel deformation. The research results complement the available results of physical modeling of the deformation of the workpiece in a device with inclined walls. The results are compared with the results of rolling the material on laboratory rollers.

Введение

Работа направлена на моделирование процессов получения деформированных заготовок в модели устройства деформации материала. В настоящей работе моделируется процесс на физической модели деформации заготовки в замкнутом калибре (кристаллизаторе), в котором пара наклонных стенок обеспечивает обжатие заготовки (клиновидной заготовки), а пара вертикальных стенок - выталкивание заготовки из кристаллизатора. В связи со сравнительно малой изученностью процесса деформации металла предпочтение отдается физическому моделированию, позволяющему наблюдать за процессом получения на прозрачных моделях.

В настоящей работе приводится моделирование процесса на "Устройстве для получения непрерывно-литых кованых заготовок (заявка на изобретение № 2019100034 от 01.2019), в котором привод стенок обеспечивается с использованием гидроцилиндров (отдельно для вертикальных и отдельно для наклонных стенок).

Поэтому моделирование процесса как на физических моделях, так и математическим методом, является своевременным и актуальным, т.к. позволяет расширить имеющиеся представления о совмещенном процессе, в частности для дальнейшей чистовой прокатки полученных деформированных заготовок. В данной работе рассматривается деформация клиновидной пластилиновой заготовки с целью получения плоской заготовки прямоугольного сечения и дальнейшей ее прокатки на модельных валках. Использование определяющих чисел подобия, описывающих процесс (число Ньютона (N) и число Фурье (F_0)) [1] позволяет определить параметры процесса как на модельном материале (пластилин), так и на разливаемой и деформируемой стали. В современном устройстве опытно-промышленной установке с приводом от эксцентриковых валов невозможно в должной степени [2] невозможно в должной степени регулировать и управлять процессом деформации заготовки по причине закрепления стенок на валах с эксцентриковыми втулками. Поэтому расширение диапазона процесса управления и деформации заготовки находящейся в кристаллизаторе представляется актуальным. Моделирование процесса на физической модели позволяет в определенной степени получить качественную картину происходящих процессов, в том числе с использованием определяющих критериев (чисел подобия). Расширение пределов управления процесса деформации в новом устройстве расширяет значения чисел подобия, а соответственно и входящих в них параметров. По этой причине дополнительный анализ чисел подобия, описывающих процесс и определение параметров для реального процесса, для стали также является актуальным.

В монографии [1] и статьях [4, 5] приведены результаты деформации на модельном материале, в которых отсутствуют численные значения, определяющие критерии подобия процесса, что не позволяет определить параметры процесса деформации для натуральных условий, т.е. при деформации стали. Поэтому определение параметров процессов деформации с использованием модельных материалов является актуальным и позволяет в ряде случаев сопоставить полученные значения с расчетными значениями. В общем, полученные результаты носят качественный характер. Полученные результаты являются новыми.

Постановка задачи

- 1) Изготовление и усовершенствование модельной установки для деформации модельного материала (пластилин).
- 2) Изучение процесса деформации на модельном материале в твердом состоянии.
- 3) Установить значения основных чисел подобия процесса деформации (число Ньютона и число Фурье).
- 4) Установить возможность использования расчетной формулы усилий для деформации реальных образцов.
- 5) Проанализировать формулу чисел подобия (число Ньютона и число Фурье) и возможности ее применения для деформации стальных заготовок на натуральных материалах [3].

Содержание исследования

Для изучения процессов деформации материала, подаваемого после разливочного устройства, при получении заготовки используют прокатные валки, а в другом случае – модель устройства для деформации. В качестве модельного материала использовался пластилин, который по свойствам сопоставим с поведением материала (стали в горячем состоянии) [1, 4, 5]. Для этого изготовили образцы прямоугольного сечения одинаковых размеров с нанесенной на поверхность сеткой для изучения пластичного течения. В процессе деформации заготовок с фольгой деформация на модели устройства после каждой стадии деформации исследуем течение пластилина (путем разворачивания фольги). По результатам делаются выводы.

Установим основные числа подобия процесса деформации (число Ньютона (N) и число Фурье (F_0)). Число Ньютона (N) определяется по формуле [3]:

Число N_0 для пластилина будет равно:

$$N_0 = F \cdot \tau^2 / m \cdot L, \quad (1)$$

$$N_0 = 800 / 2040 \cdot 10^{-6} = 800 / 2,04 \cdot 10^{-3} = 39,2 \cdot 10^4,$$

где F - внешняя сила (Н); τ - время (с); m - масса тела (кг); L - характеристическая длина (м).

Дано: $F = 200$; $m = 20$; $\tau = 2$; $L = 60 \cdot 10^{-3}$; $m = 34 \cdot 10^{-3}$.

Параметр для стали будет равен:

$$F = N_0 \cdot m \cdot l / \tau^2, \quad (2)$$

$$F = N_0 \cdot m \cdot l / \tau^2 = 39,2 \cdot 10^4 \cdot 12,48 \cdot 0,2 / 0,25 = 9,8 \cdot 10^7 \text{ (Н)} = 98000 \text{ (кН)}.$$

Дано: $l = 0,2$ (м); $m = 12,48$ (кг); $\tau = 0,5$ (с).

Тогда $m = 98000 \cdot 10^5$ (кг) = $98000 \cdot 10^2$ (т).

Выводы: выполним корректировку времени деформации примем время деформации $\tau = 2$ (с) = $\tau^2 = 4$ (с²).

Тогда $F = N_0 \cdot m \cdot l / \tau^2 = 39,2 \cdot 10^4 \cdot 62,4 / 4 = 612 \cdot 10^4$ (Н).

Число Фурье (F_0) определяется по формуле [3]

$$F_0 = \frac{a \cdot \tau}{l^2},$$

где a - коэффициент температуропроводности; τ - время; l - размер заготовки.

Число Фурье для пластилиновой модели (F_{OM}) определяется по формуле:

$$F_{OM} = \frac{a_M \cdot \tau_M}{l_M^2}, \quad (4)$$

где a_M - коэффициент температуропроводности пластилина; τ_M - характерное время на модели; l_M - размер заготовки на модели.

Число Фурье для натурального металла (F_{OH}) определяется по формуле:

$$F_{OH} = \frac{a_H \cdot \tau_H}{l_H^2}, \quad (5)$$

где a_M - коэффициент температуропроводности стали; τ_M - характерное время стали; l_M - размер стальной заготовки.

Приравниваем число Фурье пластилиновой модели (F_{OM}) и число Фурье натурального металла (F_{OH}):

$$F_{OM} = F_{OH}. \quad (6)$$

Получим следующее равенство:

$$\frac{a_M \cdot \tau_M}{l_M^2} = \frac{a_H \cdot \tau_H}{l_H^2}. \quad (7)$$

Число F_0 для пластилина будет равно:

$$F_0 = 1,33 \cdot 10^{-7} \cdot 0,5 / 40,96 \cdot 10^{-4} = 1,6 \cdot 10^{-5},$$

где $a = 1,33 \cdot 10^{-7}$ (м²/с); $\tau = 0,5$ (с); $l = 6,4 \cdot 10^{-2}$ (м).

Определим параметры для стали

$$F_0 = a \cdot \tau / L^2.$$

Определим характерное время процесса при $F_0 = 1,6 \cdot 10^{-5}$

$$\tau = F_0 \cdot L^2 / a = 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot 0,04 / 1,33 \cdot 10^{-7} = 4.$$

Определим характерное время процесса при $F_0 = 8 \cdot 10^{-5}$

$$\tau = F_0 \cdot L^2 / a = 8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,04 / 1,33 \cdot 10^{-7} = 24.$$

где $a = 4,63 \cdot 10^{-6}$ (м²/с); $l = 0,2$ (м).

Вывод: время получается большое, что не соответствует действительности. Для исключения этого необходимо скорректировать высоту натурной заготовки.

Результаты исследования

В процессе радиальной ковкой получена заготовка плоская, бездефектная за 5 проходов. В процессе радиальнойковки течение металла в основном проходит вдоль оси, а уширения почти отсутствует. При прокатке металла течение металла происходит как вдоль оси, так и поперек, поэтому появляются рваные участки на кромках заготовки на рисунках 1 и 2 (выделено красным).



Рис. 1. Сравнение деформаций на пластилине после окончательного обжатия на моделях устройства деформации и прокатных валков (вид сбоку)



Рис. 2. Сравнение деформаций на пластилине после окончательного обжатия на моделях устройства деформации и прокатных валков (вид спереди)

Также в валковой машине была прокатана заготовка предварительно продеформированная в устройстве деформации. На полученной заготовке дефекты отсутствуют. Выбранный материал и реализуемая на модели схема деформации клина с получением плоской заготовки позволяют обеспечить достаточно качественное совпадение с реальным процессом деформации металла на лабораторной и опытно-промышленной установке ЛКМ. На основании приведенного уравнения определено положение разграничивающей плоскости в деформируемом клине, что подтверждено результатами деформации пластилина на модели.

Заключение

Было проведено моделирование процессов получения деформированных заготовок на модельных материалах (технический пластилин). Была выполнена методика моделирования процесса деформации в новом устройстве, выбраны числа подобия, а также установлена закономерность и получены знания о процессе. Таким образом, достигнута цель работы.

Были выполнены следующие задачи.

- 1) Изготовлена и усовершенствована модельная установка для деформации модельного материала (технический пластилин).
- 2) Изучен процесс деформации на модельном материале в твердом состоянии.
- 3) Установлены основные числа подобия процесса деформации (число Ньютона и число Фурье).
- 4) Установлена возможность использования расчетной формулы для деформации реальных образцов.
- 5) Выполнен анализ формулы (число Ньютона и число Фурье) и возможности ее применения для деформации стальных заготовок на натуральных материалах [3].

Список литературы

1. Одинок В.И. Получение непрерывных деформированных полых заготовок на литейно-ковочном модуле: Моногр. / В.И. Одинок, В.В. Стулов. - Владивосток: Изд-во Дальневост. унта. 2002. - 141 с.
2. Одинок В.И., Стулов В.В. Литейно-ковочный модуль (литье и деформация). Владивосток: Дальнаука, 1998. 150 с.
3. Стулов В.В., Одинок В.И., Оглоблин Г.В. Физическое моделирование процессов при получении литой деформированной заготовки – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 63 с.
4. Минаев А.А. О моделировании пластического формоизменения раскатов с неравномерным распределением температуры по сечению на пластилиновых моделях / А.А. Минаев, Е.Н. Смирнов, В.А. Белевитин // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 сентября 2013 г. Часть 3. – Тамбов: Изд-во ТРОО "Бизнес - Наука - Общество", 2013.
5. Щубенцев А.В. Моделирование на пластилиновых моделях пластического деформирования заготовки в кристаллизаторе / А.В. Щубенцев, В.В. Стулов, В.И. Одинок // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 сентября 2013 г. Часть 3. – Тамбов: Изд-во ТРОО "Бизнес - Наука - Общество", 2013.

Сведения об авторах:

Журавлев Денис Викторович – магистрант, кафедра "Оборудование и технологии прокатки", МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва.
