

Инжиниринговая компания «ТЕСИС»

Международный форум

Инженерные системы - 2015

6 – 7 апреля 2015 г.

Тезисы докладов DEFORM

Москва
2015

Инженерные системы-2015. Программа и тезисы докладов
Международного форума. Москва. 6-7 апреля 2015г.

© Коллектив авторов, 2015

© ООО «ТЕСИС», 2015

ТЕЗИСЫ

Конференция пользователей DEFORM

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ЛИНЗЫ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ ОПТИКИ ИЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО БЕРИЛЛИЯ

**Колбасников Н.Г.¹, Мишин В.В.¹, Шишов И. А.¹, Глухов П.А.¹,
Семенов А.А.², Забродин А.В.², Брылёв Д.А.²**

¹ ФГАОУ ВО, г. Санкт-Петербург

² ОАО «ВНИИНМ», г. Москва

Преломляющие линзы для фокусировки рентгеновского излучения успешно используются в устройствах, предназначенных для проведения флуоресцентного анализа, микротомографии и микроскопии. При этом перспективным материалом для производства рентгеновских линз является высокочистый нанокристаллический бериллий, полученный в условиях ОАО «ВНИИНМ» им. А.А. Бочвара [1]. На сегодняшний день линзы для рентгеновской оптики из бериллия в России не производятся, их основным поставщиком на мировой рынок является Франция.

Основные технологические сложности производства рентгеновских линз из нанокристаллического бериллия связаны с его высокой стоимостью, хрупкостью и токсичностью. Таким образом, для разработки технологии прессования линз целесообразно использовать методы математического моделирования.

В программном комплексе Deform-2D была создана, конечно-элементная, модель процесса прессования бериллиевой линзы, при этом учтены реологические свойства бериллия, геометрические параметры инструмента и заготовки, а также режимы прессования. Реологические свойства нанокристаллического бериллия были заданы исходя из ранее выполненных работ на комплексе Gleeble-3800 [2, 3].

Для оценки возможности разрушения бериллия при прессовании линзы был использован нормализованный критерий Кокрофта-Латама, хорошо себя зарекомендовавший при анализе разрушения бериллия при прокатке [4]. Для определения предельных значений критерия была предложена методика, основанная на сопоставлении данных опытов на растяжение до разрушения с результатами компьютерного моделирования [4].

Выполненные исследования позволили установить режимы получения бериллиевых линз без признаков разрушения, которые были реализованы в лабораторных условиях на специально спроектированной установке.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Гранта Президента РФ, соглашение МК-4354.2015.8

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОЯВЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ИЗГИБА ПРИ ОСАДКЕ ВЫСОКИХ ЗАГОТОВОК ВЫПУКЛЫМИ БОЙКАМИ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ НАГРУЗКИ В DEFORM 3D

Кухарь В.В., Николенко Р.С.

ГВУЗ, г. Мариуполь

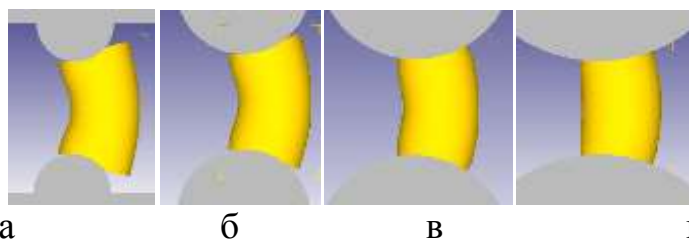
В настоящее время разработано достаточно много способов предварительного профилирования заготовок перед последующей штамповкой или завершающими кузнечными операциями. К одним из достаточно перспективных способов можно отнести процесс профилирования заготовок осадкой выпуклыми радиусными бойками.

В данной работе выполнено исследование влияния различных факторов на появление продольного изгиба заготовки в процессе осадки выпуклыми радиусными бойками с эксцентриситетом нагрузки в программном пакете для конечно-элементного анализа Deform 3D.

Целью работы является выявление факторов влияющих на появление продольного изгиба при осадке.

Моделирование проводили в программном пакете Deform 3D (лицензия №8145). Предварительно перед моделированием были созданы твердотельные модели заготовок и построены 3d модели рабочих инструментов. После непосредственно построена сетка конечных элементов и проведены сами эксперименты.

Выявлена зависимость появления продольного изгиба от отношения радиуса деформирующего инструмента к исходному диаметру заготовки (R/D_0), отношения исходных размеров заготовки (H_0/D_0) и эксцентриситета приложения нагрузки (e/D_0).



Осадка высокой заготовки ($H_0/D_0 = 2$) выпуклыми боками с эксцентриситетом нагрузки ($e/D_0 = 0,25$): а - $R/D_0 = 0,6$; б - $R/D_0 = 1$; в - $R/D_0 = 1,5$; г - $R/D_0 = 2,25$

По результатам моделирования построены графические зависимости, показывающие при какой критической степени деформации $\epsilon_{кр}$ и заданных геометрических параметрах инструмента и заготовки возникает продольный изгиб. Полученные зависимости позволят технологам научно-обоснованно выбирать режимы профилирования с ориентацией на последующие формоизменяющие операции.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM 3D ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Лопатин Н.В., Перевозов А.С.

ОАО «СМК», г. Москва

Актуальной задачей авиационного машиностроения является разработка технологий изготовления штампованных заготовок с высоким уровнем механических свойств и допуском на разброс механических характеристик на уровне 3σ , а в перспективе 4σ . Необходимым условием для решения настоящей задачи является разработка технологий деформации с высокой стабильностью и повторяемостью условий обработки. Технологические допуски, износ инструмента и оборудования, особенности работы технологического оборудования и качество исходного материала приводит к увеличению разброса механических характеристик получаемых в заготовках. Таким образом, при разработке технологии с повышенными требованиями в стабильности свойств возникает необходимость в учете производственных факторов. В связи с тем, что свойства в полуфабрикатах определяются структурой материала, то обеспечить требуемый уровень свойств возможно путем прогнозирования структурной эволюции состояния в заготовках. С применением программного комплекса Deform был проведен расчет режимов обработки и анализ структурообразования в сплавах ВТ8М1 и ЭП742-ИД, выбраны режимы обработки, обеспечивающие требуемое структурное состояние в заготовках и высокие механические и функциональные свойства.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ ДЛЯ СПЛАВА АБМ-1 ПРИ ОМД

Семин В.А., Семина Т.П., Головкина В.Б.

МИСИС, г. Москва

По мере развития математического моделирования процессов ОМД технологические пробы сплавов не удовлетворяли обработчиков, так как позволяли определять только качество получаемых изделий. Для моделирования процессов ОМД была нужна реология материалов. С этой целью были проведены испытания сплава АБМ-1, а результаты изложены в статье [1] . Параллельно проводились исследования по коэффициентам трения для этого сплава, в силу определенных причин они не были опубликованы. Коэффициенты трения определялись из испытаний кольцевых образцов на осадку в широком температурно-скоростном диапазоне [2]. Исследуемые кольцевые образцы были покрыты медью и графитом. Результаты испыта-

ний представлены в виде графиков. В итоге это позволило дать рекомендации по некоторым технологическим процессам ОМД.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСКАТКИ ДИСКОВ И КОЛЕЦ С ПОМОЩЬЮ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ СИСТЕМЫ DEFORM 3D

Семина В.А., Семина Т.П., Головкина В.Б.
МИСИС, г. Москва

Практика моделирования процесса раскатки дисков из сплавов титана и жаропрочных сплавов на никелевой основе показывает, что наиболее эффективной является система DEFORM 3D [1]. Результаты, полученные с помощью других систем [2], малоэффективны и не позволяют разработать сквозную технологию процессов с вращающимся инструментом и заготовкой. Однако, использование только одной системы

DEFORM 3D значительно увеличивает время разработки технологии раскатки. Поэтому авторы создали систему, позволяющую инженерными методами решать приближенно объемные задачи ОМД. Более того, система позволяет выбирать рациональные технологические решения и использовать DEFORM 3D для уточнения результатов.

ИССЛЕДОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ DEFORM ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИЙ ВАЛКА НА КАЧЕСТВО ПОЛОСЫ ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ

**Скрипаленко М.М.¹, Скрипаленко М.Н.¹, Ашихмин Д.А.¹,
Сидоров А.А.²**

¹ *НИТУ МИСИС, г. Москва*

² *ООО «ТЕСИС», г. Москва*

Режим работы и техническое состояние деформирующего оборудования при продольной прокатке на гладкой бочке оказывают значительное влияние на качество поверхности полосы и точность её размеров, в первую очередь, толщины. Поэтому определение влияния вибраций рабочих валков на формирование толщины полосы является актуальной задачей.

Целью исследований являлось определение эффективности применения DEFORM-2D и DEFORM-3D для оценки вибрации рабочего валка на формирование толщины полосы при холодной прокатке.

Провели моделирование процесса продольной прокатки полосы из меди марки М1 с толщины 2,0 мм на толщину 1,67 мм в DEFORM-2D. Ширина полосы составляла 20 мм. При этом задавали вибрацию верхнего валка таким образом, что он совершал колебания в вертикальной плоскости, пер-

пендикулярной направлению прокатки. По окончании моделирования с помощью функции Point-tracking в 50 точках отстоящих друг от друга на одинаковом расстоянии вдоль полосы измерили толщину. Полученный массив значений толщины полосы исследовали с помощью Wavelet Toolbox в MATLAB. Для исследований использовали вейвлет Мейера. Установили, что периодическая составляющая в реализации толщины полосы по результатам моделирования в DEFORM-2D, имеет частоту 11,2 Гц, что согласуется с результатами экспериментов на лабораторном стане Дуо-150 – частота составляющих толщины полосы равна 10,17 Гц.

Смоделировали прокатку полосы в DEFORM-3D. При этом на верхний валок наложили колебания с частотой 390 Гц, которые осуществлялись в горизонтальной плоскости, параллельной направлению прокатки. По окончании моделирования измерили толщину полосы в 50 точках, находящихся на одинаковом расстоянии друг от друга. Измерения осуществляли с помощью функции Point-tracking. Полученные значения толщины исследовали с помощью функции спектральной плотности. Установили, что на изменение толщины полосы оказывает влияние возмущающий фактор, действующий с частотой 396 Гц. По результатам моделирования даже удалось визуально выделить поперечные полосы на поверхности полосы. Форма и размеры полос соответствуют наблюдаемым ранее при прокатке на стане 1700 ОАО «Северсталь» и описанным в работах Гарбера Э.А.

Таким образом, показана возможность применения DEFORM для анализа влияния вибраций рабочего вала на формирование толщины полосы при холодной прокатке полосы. Установлено, что отличие результатов получаемых в DEFORM не превышает 9% в случае применения DEFORM-2D и 3% - при моделировании в DEFORM-3D по отношению к экспериментальным данным.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОШИВКИ СЛИТКОВ В ДВУХВАЛКОВОМ СТАНЕ С ПОМОЩЬЮ DEFORM-3D

Романцев Б.А.¹, Скрипаленко М.М.¹, Баженов В.Е.¹, Скрипаленко М.Н.¹, Чан Ба Хюи¹, Сидоров А.А.²

¹ НИТУ МИСИС, г. Москва

² ООО «ТЕСИС», г. Москва

Расширение возможностей компьютерного моделирования создает предпосылки для создания моделей, включающих в себя большое количество технологических операций. Поэтому создание компьютерной модели полного технологического цикла производства металлоизделия является актуальной задачей.

Прошивали слитки из сплава АД-31 в двухвалковом стане винтовой прокатки МИСиС-130Д. Использовали три разные оправки: традиционную

сплошную оправку, полую оправку и оправку с углублением вместо носика. Перед прошивкой слитки нагревали до температуры 400°С. Слитки имели диаметр 60 мм, длину – 180 мм. Расстояние между валками в пережиме задавали равным 50 мм. Целью опытных прошивок являлось определить влияние формы оправок на пористость получаемых полых заготовок (гильз).

Провели компьютерное моделирование процессов, идентичных опытным прошивкам. С этой целью вначале смоделировали процесс затвердевания слитка из алюминиевого сплава АД-31 в вычислительной среде конечно-элементного анализа ProCAST. Затем данные о сетке и поле пористости передали в DEFORM-3D. Далее, с учётом этих данных моделировали прошивку в двухвалковом стане.

По результатам моделирования установили, как изменяется пористость гильз в зависимости от формы оправки. Для этого использовали возможности постпроцессора DEFORM-3D и отображали поле плотности с помощью переменной состояния «Density». Эта переменная характеризуется показателем, который лежит в пределах от 0 до 1. Если показатель равен 1, то это означает, что плотность материала в рассматриваемом объёме равна плотности материала при нормальных условиях. Если показатель равен, например, 0,6, то это означает, что в рассматриваемом объёме плотность материала составляет 0,6 от плотности материала при нормальных условиях. Таким образом, этот показатель предоставляет информацию о том, сколько в абсолютном значении составляет плотность материала в рассматриваемом объёме относительно его плотности при нормальных условиях. Для того, чтобы перейти к пористости, значение показателя плотности вычитали из единицы и полученное значение принимали в качестве показателя пористости материала в исследуемом объёме в абсолютных единицах.

Возможности постпроцессора DEFORM-3D позволяют рассчитывать среднее значение показателей отображаемых переменных состояния. Для плотности, которая характеризуется соответствующим показателем, с помощью DEFORM-3D рассчитали его среднее значение.

Оценили, также, пористость заготовок, полученных прошивкой в стане МИСиС-130Д. После прошивки гильзы разрезали вдоль по диаметральной плоскости, шлифовали в плоскости разреза, затем полировали. По фото шлифа по специально разработанной методике оценивали пористость заготовки в плоскости шлифа.

Сравнили средние значения показателей пористости гильз, рассчитанных в DEFORM-3D, со значениями пористости заготовок, прошитых в двухвалковом стане. При оценке пористости гильз, производимой по специально разработанной методике, установили, что пористость гильз, полученных прошивкой сплошной оправкой и оправкой с углублением вместо носика, составляет менее 1%. Пористость заготовки, прошитой полую оправкой не превышает 2%. В DEFORM-3D пористость заготовок, прошитых сплошной оправкой и оправкой с углублением вместо носика, не превышает

5%. Пористость гильзы, полученной прошивкой полый оправкой, не превышает 7%.

Таким образом, проведенные исследования показали, что совместное моделирование процессов получения и прошивки слитка в двухвалковом стане винтовой прокатки с помощью ProCAST и DEFORM-3D возможно. Проведенное сравнение пористости заготовок, по результатам компьютерного моделирования и эксперимента, показало, что значения пористости гильз, полученных прошивкой сплошной оправкой и оправкой с углублением вместо носика, совпадают и при этом оказываются меньше значения пористости гильзы, полученной прошивкой полый оправкой.

АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЯ СТАЛЕЙ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ НА МНЛЗ

Колбасников Н.Г.¹, Мишин В.В.¹, Глухов П.А.¹, Матвеев М.А.¹,
Никонов С.В.², Иванов-Павлов Д.А.²

¹ ФГАОУ ВО, г. Санкт-Петербург

² ПАО «Северсталь», г. Череповец

Целью работы является создание модели, позволяющей оптимизировать режимы разливки на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), с целью минимизации количества поверхностных и внутренних дефектов, расположенных в различных областях непрерывнолитой заготовке (НЛЗ), наличие которых приводит к значительным потерям металла.

Для расчета температурных полей и напряженно-деформированного состояния была создана модель установки непрерывной разливки стали в пакете конечно-элементного анализа *Deform-3D* (рис. 1).

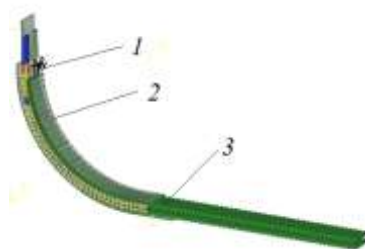


Рис. 1. Общий вид компьютерной модели МНЛЗ в пакете Deform-3D: 1 – НЛЗ; 2 – модель кристаллизатора; 3 – модель форсунок ЗВО; 4 – ролики

При калибровке модели по температуре, использовали данные изменения температуры на поверхности сляба в зависимости от скорости охлаждения и расхода воды в секциях зоны вторичного охлаждения (ЗВО), полученные в условиях рассматриваемой промышленной МНЛЗ.

Циклические условия охлаждения, свойственные разливке на МНЛЗ, были смоделированы при помощи окон теплообмена, расположенных меж-

ду роликами в зонах воздействия водовоздушного охлаждения. При нахождении участка НЛЗ в окнах теплообмена происходит имитация резкого охлаждения водовоздушной смесью, при выходе из зоны воздействия факела форсунок интенсивность охлаждения соответствовала теплообмену с окружающей средой.

В результате исследований были определены температурные поля в НЛЗ на всем этапе непрерывной разливки с учетом температурного циклирования в секциях ЗВО; определены напряжения и деформации, возникающие в затвердевших участках при охлаждении в кристаллизаторе и секциях вторичного охлаждения с учетом деформаций при загибе и разгибе сляба.

Рассчитанные режимы разливки для отдельных участков НЛЗ были воспроизведены с помощью физического моделирования на комплексе *Gleeble-3800* с целью определения горячей пластичности сталей и предельных значений критерия разрушения по предельным деформациям.

С помощью интегрированных в модель УНРС температурных зависимостей предельных значений критерия разрушения установлены наиболее благоприятные условия охлаждения в ЗВО при разливке микролегированных сталей, при которых наблюдается минимальное количество как поверхностных, так и внутренних трещин.