

Техническое задание на реализацию проекта №1713

Название проекта

Исследование влияния скоростного режима на характер утонения образца при сверхпластической формовке

Краткая аннотация проекта

Технология сверхпластической формовки листовых заготовок позволяет получать детали сложной геометрической формы. Одной из особенностей данной технологии является то, что она позволяет получать детали с равномерным распределением толщины по профилю заготовки. Однако, чтобы получить такое распределение необходимо поддерживать максимальную скорость деформации заготовки в оптимальном диапазоне скоростей деформации при заданной температуре. Оптимальная скоростей деформации определяется на основе зависимости интенсивности напряжения течения материала от скорости деформации, данная зависимость описывает деформационное поведение материалов в состоянии сверхпластичности и определяется экспериментально. Однако, помимо скорости деформации на интенсивность напряжения также влияет интенсивность степени деформации, которая не учитывается при расчете режима давления. Из-за данного несоответствия применение рассчитанного режима давления может приводить к неравномерному утонению заготовки в ходе процесса формовки. Данный проект посвящен исследованию влияния режима давления на неравномерность утонения заготовки. Исследование предлагается проводить в двух программных комплексах имитационного моделирования Abaqus и QForm.

Актуальность проекта

При разработке технологического процесса изготовления детали(части детали) методом сверхпластической формовки требуется расчет режима давления, такого чтобы распределение толщины по заготовке было как можно более равномерным. Такой режим давления подбирается так чтобы поддерживать максимальную скорость деформации материала входе формовки в оптимальном диапазоне. Оптимальные значения скорости деформации определяются исходя из зависимости интенсивности напряжений от скорости деформации. Однако на формоизменение сверхпластичного материала может оказывать влияние не только скорость, но и степень деформации, и контактное взаимодействие заготовки с оснасткой. В некоторых случаях оптимальная скорость деформации, которую необходимо поддерживать мала настолько, что приводит к существенному росту времени, затрачиваемому на изготовление реальной детали. Чтобы уменьшить время затраты на производстве начиная с некоторого момента можно увеличить целевую скорость деформации, что приведет к существенной экономии времени, но может привести к существенным утонениям в критических зонах заготовки. Исходя и вышесказанного исследование посвященное оценке влияния скоростного режима на утонение заготовки представляется актуальной.

Цель проекта

Качественная оценка влияния режима давления на утонение заготовки в ходе процесса сверхпластической формовки в матрицу сложной формы.

Ожидаемый результат

- Имитационные модели процесса формовки листовой заготовки в матрицы соответствующих форм в двух программных комплексах с различными коэффициентами трения.

- Имитационные модели процесса формовки в матрицу, представленную на рис 1б с различными свойствами и режимами давления.
- Результаты моделирования
- Сравнение результатов моделирования в системах конечно элементного моделирования Abaqus и Qform.
- Оценка возможности применения программного комплекса Qform для решения задачи о формоизменении сверхпластичного материала.

Форма и способы промежуточного контроля

Регулярное обсуждение результатов, подготовка презентаций, подготовка отчетных материалов.

Форма представления результатов

Отчет, презентация.

Методы исследования

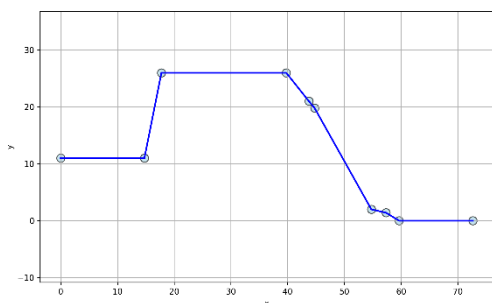
Основу методологии исследования должно составлять имитационное моделирование процесса формовки листовой заготовки в матрицы и вычислительный эксперимент, осуществляемый в программных комплексах Abaqus и QForm.

Требования к конечно-элементным моделям и имитационному моделированию

На основе представленных в литературе работ подготовить конечно элементные модель процесса формовки листовой заготовки в матрицу, изображенную на рисунке 1а в системах инженерного анализа Abaqus CAE и QForm. Подготовить конечно элементную модель процесса формовки листовой заготовки в матрицу, изображенную на рисунке 1б в системе инженерного анализа Abaqus CAE.

Осесимметричные изображения двух оснасток, применяемых для моделирования в рамках данного проекта:

а)



б)

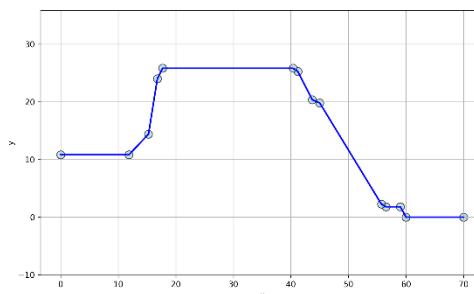


Рис. 1. Изображение оснастки

Имитационные модели процесса формовки в системе Abaqus должна быть выполнена в осе симметрической постановке, в системе Qform в 3-мерной постановке.

В качестве модели трения использовать закон Амонтона-Кулона.

При имитационном моделировании в системе Abaqus в качестве модели материала следует использовать уравнение состояния Бэкофена описывающее поведение сплава VT6 при температуре 825°C и полиномиальное уравнение описывающее поведение сплава Alnovi-U при температуре 500°C. Имитационное моделирование в системе Qform следует проводить со свойствами, описывающее поведение сплава VT6, аналогичными используемым в Abaqus.

В ходе исследования следует использовать режимы с постоянным давлением, режимы обеспечивающие постоянную скорость деформации и режим, полученный в работе Chumachenko E. Portnoi V., Paris L. Billaudeau T. Analysis of the SPF of atitanium alloy at lower temperatures / Paris L. Billaudeau T Chumachenko E.,Portnoi V. // Journal of materials processing technology. – 2005. – Vol. 170, no. 1-2. – Pp. 448-456., представленный в таблице 1.

Таблица 1. Режим давления.

Время, с	Величина давления, МПа
0	0
31	0.08
55	0.17
86	0.25
109	0.35
141	0.41
180	0.41
211	0.6
359	0.6
375	0.7
422	0.7
438	0.74
448	0.75
525	0.75
547	0.82
677	0.82
694	0.83
933	0.83
961	0.88
986	0.95
1034	0.95
1048	1
1198	1
1223	1.03
1263	1.03
1286	1.1
1386	1.19
1402	1.31
1450	1.31
1463	1.5

1481	1.54
2031	1.54

Серии расчетов в программном комплексе Abaqus:

1. Расчеты процесса формовки в матрицы, изображенные на рисунках 1a и 1b с различными режимами давления (режим представленный в таблице 1, $P = 0.6$ МПа, $P = 0.96$ МПа, $P = 1.54$ МПа). При моделировании использовать следующую модель материала - $\sigma_e = 2044\epsilon_e^{0.56}$.
2. Расчеты процесса формовки в матрицы, изображенную на рисунке 1a и 1b с различными коэффициентами трения, использовать коэффициенты трения $k = 0, k = 0.1, k = 0.5, k = 0.9$. При моделировании использовать следующую модель материала - $\sigma_e = 2044\epsilon_e^{0.56}$. Для всех расчетов использовать режим давления представленный в таблице 1.
3. Расчеты процесса формовки в матрицу, изображенную на рисунке 1b. Расчеты провести с 4 разными режимами давления, режим P1 - в ходе всего процесса формовки поддерживается постоянная скорость деформации 0.0001 МПа; P2 - в начале процесса формовки поддерживается постоянная скорость деформации 0.0001 s^{-1} , при касании заготовкой всей горизонтальной плоскости АВ целевая скорость деформации меняется на 0.001 s^{-1} ; P3 - в начале процесса формовки поддерживается постоянная скорость деформации 0.0001 s^{-1} , при касании заготовкой всей горизонтальной плоскости ВС целевая скорость деформации меняется на 0.001 s^{-1} ; P4 - в начале процесса формовки поддерживается постоянная скорость деформации 0.001 s^{-1} . Положения точек А, В, С изображены на рисунке 2.

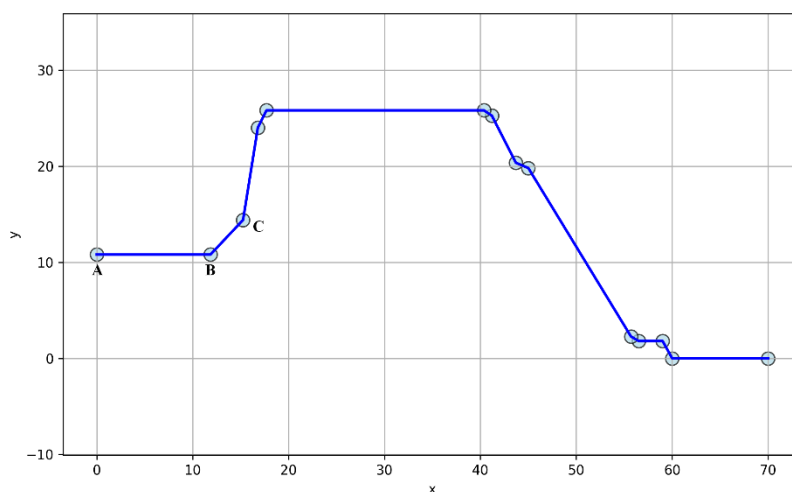


Рис. 2. Положение точек в которых происходит изменение целевой скорости деформации

При всех расчетах использовать свойства материала, представленные в работе Aksenov S., Sorgente D. Determination of biaxial stress-strain curves for superplastic materials by means of bulge forming tests at constant stress /Sorgente D. Aksenov S. // CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. – 2020. – Vol. 31. – Pp. 618-627:

$$\dot{\epsilon}_e = C \sigma_e^n$$

где $C = 12.82\epsilon^4 - 31.12\epsilon^3 + 29.32\epsilon^2 - 13.84\epsilon - 8.968$,
 $n = -5.290\epsilon^4 + 13.002\epsilon^3 - 12.137\epsilon^2 + 5.543\epsilon + 1.406$

4. Расчет процесса формовки в цилиндрическую матрицу с радиусом оснастки 59. При моделировании использовать следующую модель материала - $\sigma_e = 2044\epsilon_e^{0.56}$. Расчет проводить при постоянном давлении $P = 0.6$ МПа.

Серии расчетов в программном комплексе QForm:

1. Расчеты процесса формовки в матрицу, изображенную на рисунке 1а с режимом давления представленным в таблице 1, и постоянными давлениями $P = 0.6$ МПа, $P = 0.81$ МПа, $P = 0.96$ МПа, $P = 1.54$ МПа. При моделировании использовать следующую модель материала - $\sigma_e = 2044\epsilon_e^{0.56}$.
2. Расчеты процесса формовки в матрицу, изображенную на рисунке 1а с режимом давления представленным в таблице 1, и свойствами материала - $\sigma_e = 2044\epsilon_e^{0.56}$ с различными сетками конечных элементов.
3. Расчеты процесса формовки в матрицу, изображенную на рисунке 1а с режимом давления представленным в таблице 1, и свойствами материала - $\sigma_e = 2044\epsilon_e^{0.56}$. Моделирование осуществить в 3х мерной постановке с различными граничными условиями симметрии, необходимо варьировать сектор заготовки используя углы 45, 90, 180 и 360 градусов.
4. Расчет процесса формовки в цилиндрическую матрицу с радиусом оснастки 59. При моделировании использовать следующую модель материала - $\sigma_e = 2044\epsilon_e^{0.56}$. Расчет проводить при постоянном давлении $P = 0.6$ МПа.

Требования к анализу полученных результатов

На основе проведенных расчетов требуется:

- Сравнить утонение заготовки, получаемой в результате моделирования процесса формовки со свойствами Бэкофена с различными величинами рабочего давления.
- Сравнить утонение заготовки, получаемой в результате моделирования процесса формовки со свойствами Бэкофена с различными коэффициентами трения.
- Сравнить результаты моделирования процесса формовки в программном комплексе QForm с различными граничными условиями симметрии.
- Сравнить результаты моделирования процесса в программных комплексах Abaqus и QForm.
- Сравнить результаты моделирования процесса формовки в программном комплексе QForm с различными сетками конечных элементов.
- Сравнить утонение заготовки, получаемой в результате моделирования процесса формовки с параметрами материала, зависящими от степени деформации с различными режимами рабочего давления.

Содержание и сроки этапов выполнения проекта — календарный план

Циклы 1 - 2 Определение геометрии оснастки по готовым деталям. Обучение работе в программном комплексе Abaqus.

Циклы 3 - 4 Подготовка к представлению проекта, изучение предметной области.

Циклы 5 – 7 Подготовка к постерной сессии, прохождение курса моделирования в Qform, подготовка имитационных моделей.

Циклы 8 – 13 Проведение расчет, сравнение результатов.

Цикл 14 Подведение итогов, подготовка к отчетной сессии.

Требования к отчетным материалам, предъявляемым к защите проекта

Отчет по проекту следует оформлять согласно следующим ГОСТ
ГОСТ 7.32-2017. Отчет о научно-исследовательской работе
ГОСТ Р 7.0.99-2018 Реферат и аннотация. Общие требования