

УДК 539.3.6

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫТЯЖКИ ПОЛЫХ СТАКАНЧИКОВ ИЗ СПЛАВА АМг6 С УЧЕТОМ РЕАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА

© 2009 Г.З. Бунова, С.В. Воронин, Ф.В. Гречников, В.Д. Юшин

Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 27.06.2008

Проведено компьютерное моделирование процесса вытяжки стаканчика из листового материала сплава АМг6. Показано влияние реальной структуры текстурованного материала на напряженно-деформированное состояние. Измерены профили образовавшихся фестонов, их разнотолщинность по образующей и по периметру. Определены значения максимальных усилий вытяжки для изотропной, анизотропной, текстурованных на 40 и 70% конечно-элементных моделей образцов

Ключевые слова: компьютерное моделирование, процесс вытяжки, напряженно-деформированное состояние, конечно-элементная модель.

Установлено, что анизотропия механических свойств материалов оказывает значительное влияние на процессы обработки металлов давлением. Причинами анизотропии являются анизотропия структурных элементов – зерен, также наличие фаз с различной жесткостью, кристаллографической ориентировкой, и характером распределения по объему материала. Анизотропия листовых материалов обусловлена технологией их получения – прокаткой, способствующей образованию текстуры, т.е. предпочтительной кристаллографической ориентировки зерен обрабатываемого материала [1].

Технологический процесс вытяжки является одним из распространенных процессов обработки металлов давлением. В качестве исходных заготовок для вытяжки используют листовой материал. При вытяжке плоская анизотропия приводит к неравномерности распределения напряжений и деформаций, изменению величины усилия на пуансоне, разнотолщинности вытянутой детали по образующей и по периметру, шероховатости всех поверхностей и образованию фестонов (неровного края). Ликвидировать последний из вышеуказанных дефектов возможно путем обрезания краев детали, приводящего к потере металла.

Таким образом, анизотропия листового материала создает трудности при разработке устойчивых технологических процессов листовой штамповки и выборе их параметров. В настоящее

время для решения этой проблемы широко используются программы, основанные на методе конечных элементов, такие как MSC.SuperForm, Deform, MCS.Marc и т.д. Вышеуказанные программы позволяют на наш взгляд визуализировать процессы, происходящие с материалом, и без физического эксперимента выявлять недостатки технологии. Большинство пользователей этих программ в качестве обрабатываемого объекта используют изотропные или анизотропные макроуровневые модели, не учитывающие полностью явление структурной анизотропии металлов [2, 3].

Целью данной работы является иллюстрация возможности учета реальной анизотропии текстурованного листового материала при компьютерном моделировании на примере технологического процесса вытяжки, а также визуализация различных стадий деформации заготовки при данном технологическом процессе.

Алгоритм разработанной методики учета реальной анизотропии текстурованного листового материала при компьютерном моделировании процессов обработки металлов давлением, представлен в виде блок-схемы (рис. 1).

При помощи металлографического микроскопа получали изображение микроструктуры исследуемого образца. С помощью программы Image Expert Pro обрабатывали изображение и получали распределение по размерам всех структурных составляющих. По данным рентгенограмм определяли степень текстурованности – количество зерен, имеющих определенную кристаллографическую ориентировку. Используя методику компьютерного моделирования структурных составляющих [4] или разработанную нами автоматизированную систему построения конечно-элементных моделей (КЭМ) структурных составляющих, создавали модели исследуемых образцов с учетом реальной структуры, где

Бунова Галина Захаровна, кандидат технических наук, доцент

Воронин Сергей Васильевич, аспирант

Гречников Федор Васильевич, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, проректор по учебной работе. E-mail: teach@ssau.ru.

Юшин Валентин Дмитриевич, доктор технических наук, доцент, профессор



Рис.1. Блок-схема решения задачи вытяжки листового материала

учитывали наличие в структуре зерен различного размера, их ориентировки и наличие упрочняющих фаз. Учитывались свойства всех структурных составляющих исследуемого сплава (модуль Юнга, предел текучести, кривая упрочнения, коэффициент Пуассона) в трех направлениях в пространстве. Согласно данным рентгенограммы каждому зерну задавали угол поворота относительно главной системы координат, таким образом, оно приобретало индивидуальные механические свойства.

Следующим этапом производили импорт или построение геометрии инструмента исследуемого процесса, устанавливали необходимые настройки для запуска на анализ.

По окончании расчета, получали картины распределения эквивалентных напряжений и геометрию деформированного состояния.

В результате применения методики учета реальной анизотропии текстурованного материала при компьютерном моделировании процессов обработки металлов давлением, появляется возможность оценки реальных значений основных параметров технологических процессов –

усилия на инструменте, напряженно-деформированного состояния заготовки, высоты фестонов, шероховатости.

Было проведено моделирование процесса вытяжки стаканчика из алюминиевого сплава АМг6. Для этой цели построены четыре модели заготовок: абсолютно изотропная модель (рис. 3), модель анизотропного материала (рис. 2А), в которой учитывали наличие зерен б-твердого раствора и упрочняющей фазы Mg_2Al_3 и модели анизотропного текстурованного на 40% (рис. 2Б) и 70% материала, т.е. соответственно 40 и 70% всех зерен б-твердого раствора ориентированы в одном направлении (0^0 относительно главной системы координат), остальные зерна – в десяти различных направлениях. На рис. 2А светлым цветом обозначены места наличия упрочняющей фазы Mg_2Al_3 . На рис. 2Б стрелки показывают угол ориентации отдельного кристаллита.

Заготовкой являлась пластина толщиной 0,1 мм и диаметром 8,3 мм. По причине симметричности была построена конечно-элементная модель половины заготовки (рис. 3).

Следующим этапом производили построение

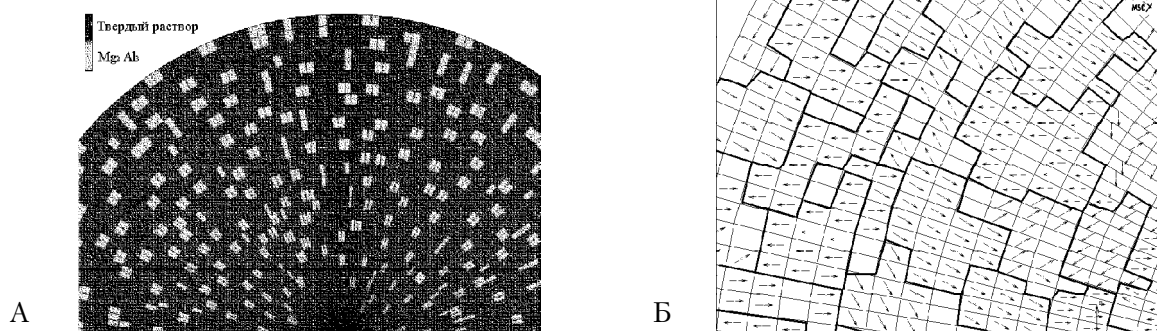


Рис. 2. Конечно-элементные модели анизотропного (А), анизотропного текстурованного на 40% (Б) образцов

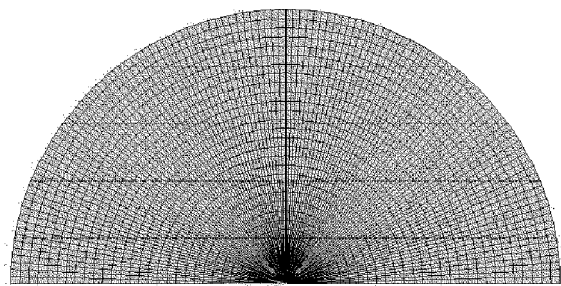


Рис. 3. Общий вид изотропной конечно-элементной модели образца (заготовки)

геометрии инструмента исследуемого процесса, устанавливали необходимые настройки для запуска на анализ.

По завершении расчетов, были получены картины распределения эквивалентных пластических деформаций и изменение геометрии во всех исследуемых моделях (рис. 4). Черно-белый контраст рисунков говорит о величине пластической деформации – темные участки соответствуют большому значению, а светлые – меньшему. При этом имеется возможность количественной оценки величины пластической деформации всех структурных составляющих.

Из рисунков видно, что распределение эквивалентных деформаций в КЭМ изотропного образца плавно изменяется от дна стаканчика к верхней части. Дно детали практически пластически не деформируется, а в цилиндрической части по мере приближения к верхней части уровень пластической деформации увеличивается (рис. 4А).

В КЭМ анизотропного образца отмечается вли-

яние упрочняющей фазы Mg_2Al_3 – в цилиндрической части детали появляются зоны с повышенным уровнем пластической деформации, верхний край полученной детали не прямолинеен (рис. 4Б).

Сравнивая картины распределения эквивалентных деформаций в КЭМ моделях анизотропных текстурованных на 40 и 70% образцов (рис. 4В, 4Г), можно заметить общий неоднородный характер распределения, связанный как с наличием упрочняющей фазы Mg_2Al_3 , так и ориентировкой зерен β -твердого раствора. Отличия заключаются в образовавшихся фестонах. Высота фестонов в КЭМ анизотропного текстурованного на 70% образца больше, чем в КЭМ образца текстурованного на 40%.

Количественную оценку высоты образовавшихся фестонов выполняли по разверткам профилей фестонов (рис. 5).

Для изучения характера образования фестонов и оценки геометрии получаемой детали необходимо знать разнотолщинность по образующей (рис. 6) и по периметру (рис. 7).

Также были получены графики изменения усилий на пуансоне в процессе вытяжки для всех КЭМ (рис. 8), поскольку при проектировании технологического процесса важно знать максимальное значение вышеуказанного параметра.

Из приведенных графиков следует, что максимальное усилие при деформации изотропной модели выше, чем у анизотропной, анизотропной текстурованной на 40% и 70%. Это свидетельствует о влиянии реальной анизотропии на значение максимального усилия процесса вытяжки.

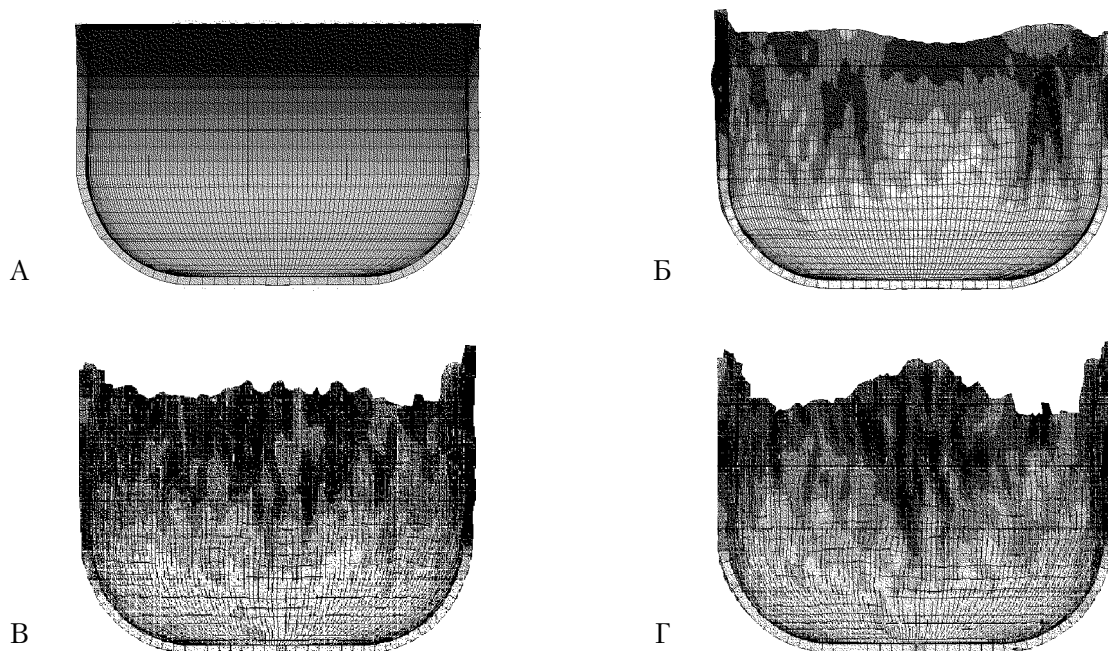


Рис. 4. Распределение эквивалентных пластических деформаций в КЭМ исследуемых образцов: А – изотропный; Б – анизотропный; В – анизотропный текстурованный на 40%; Г – анизотропный текстурованный на 70%

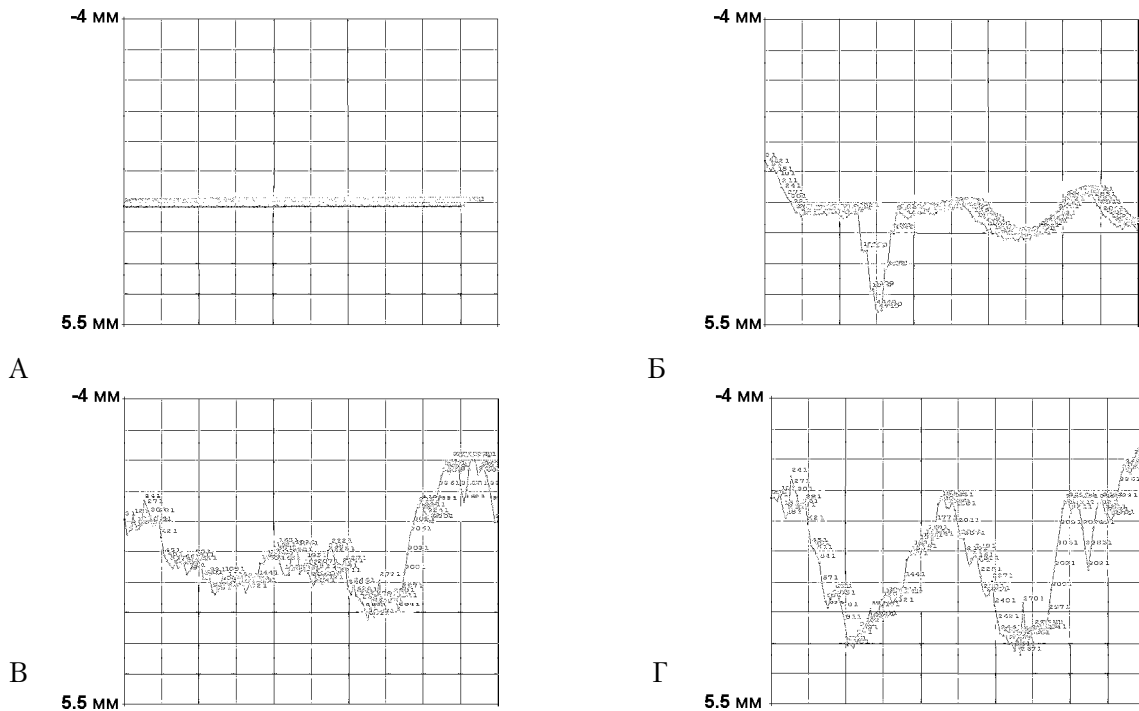


Рис. 5. Профили фестонов, образовавшихся в КЭМ образцов
 А – изотропный; Б – анизотропный; В – анизотропный текстурированный на 40%;
 Г – анизотропный текстурированный на 70%

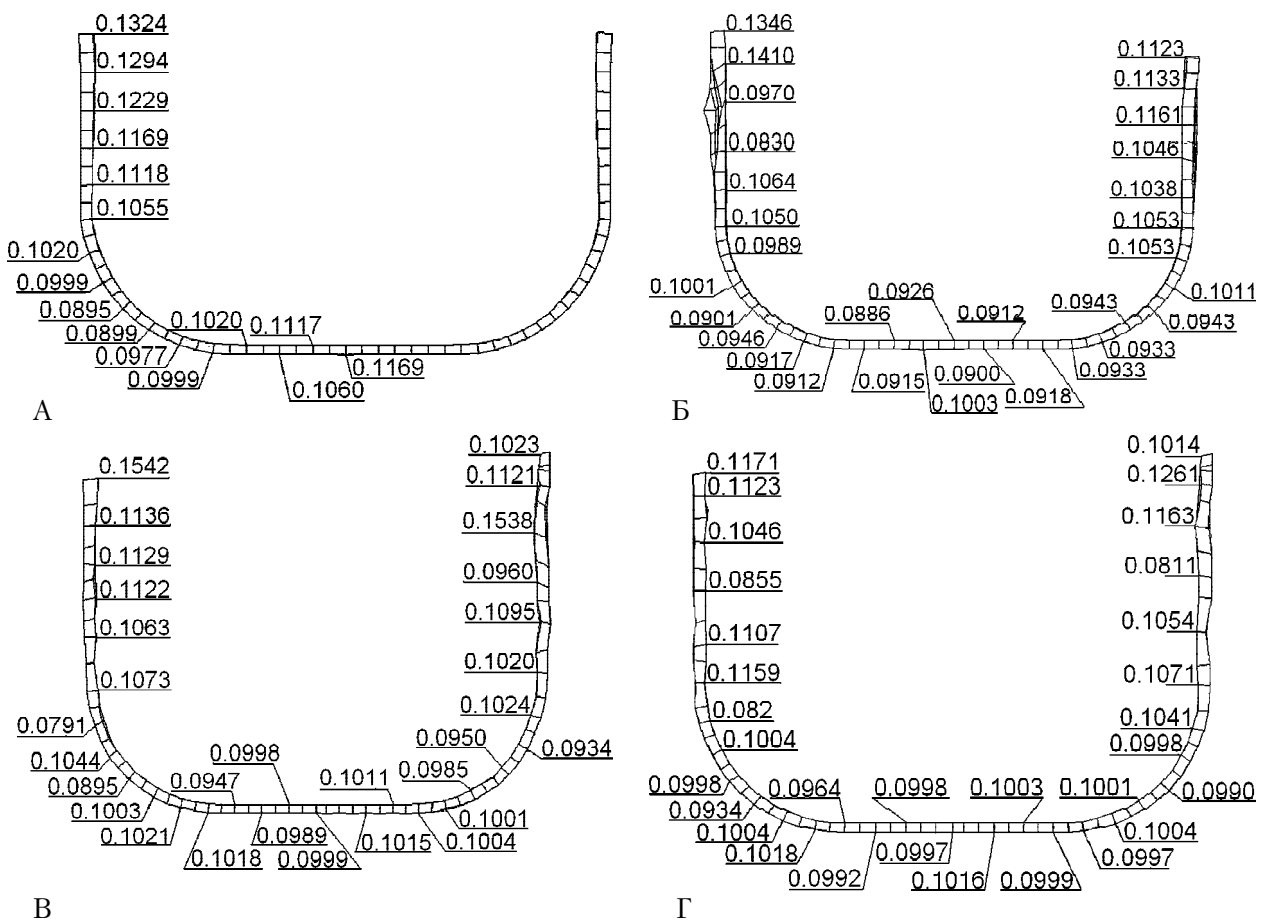


Рис. 6. Разнотолщинность КЭМ деталей по образующей, мм:
 А – изотропный; Б – анизотропный; В – анизотропный текстурированный на 40%;
 Г – анизотропный текстурированный на 70%

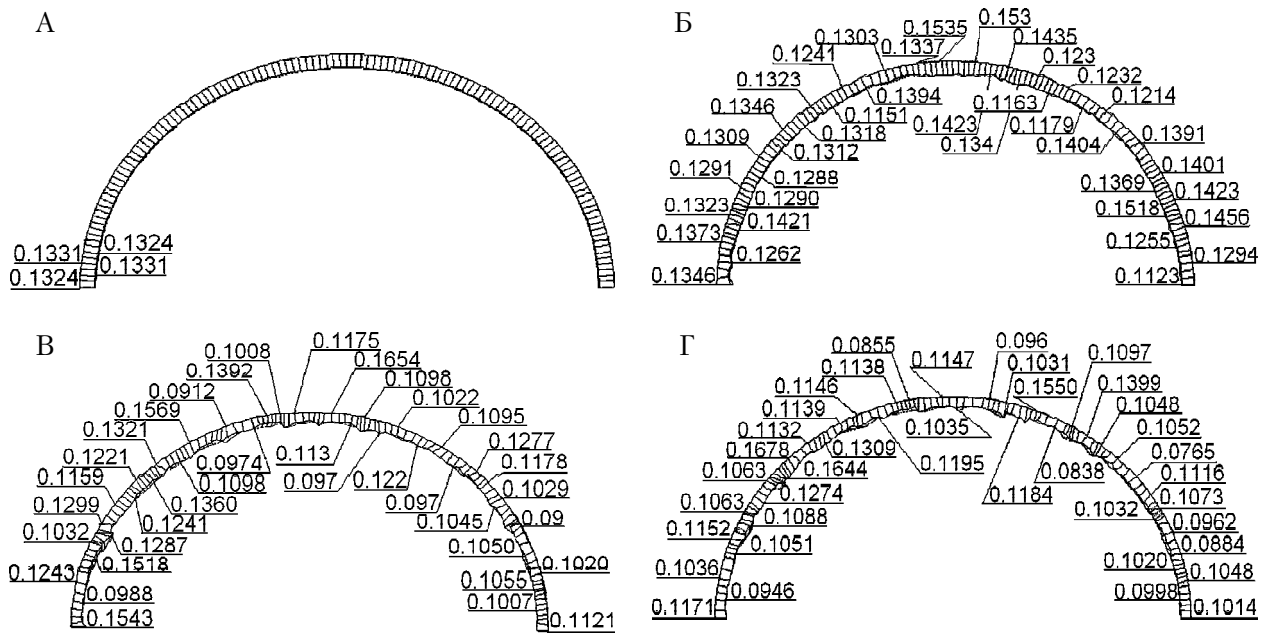


Рис. 7. Разнотолщинность КЭМ деталей по периметру, мм:
 А – изотропный; Б – анизотропный; В – анизотропный текстурованный на 40%;
 Г – анизотропный текстурованный на 70%

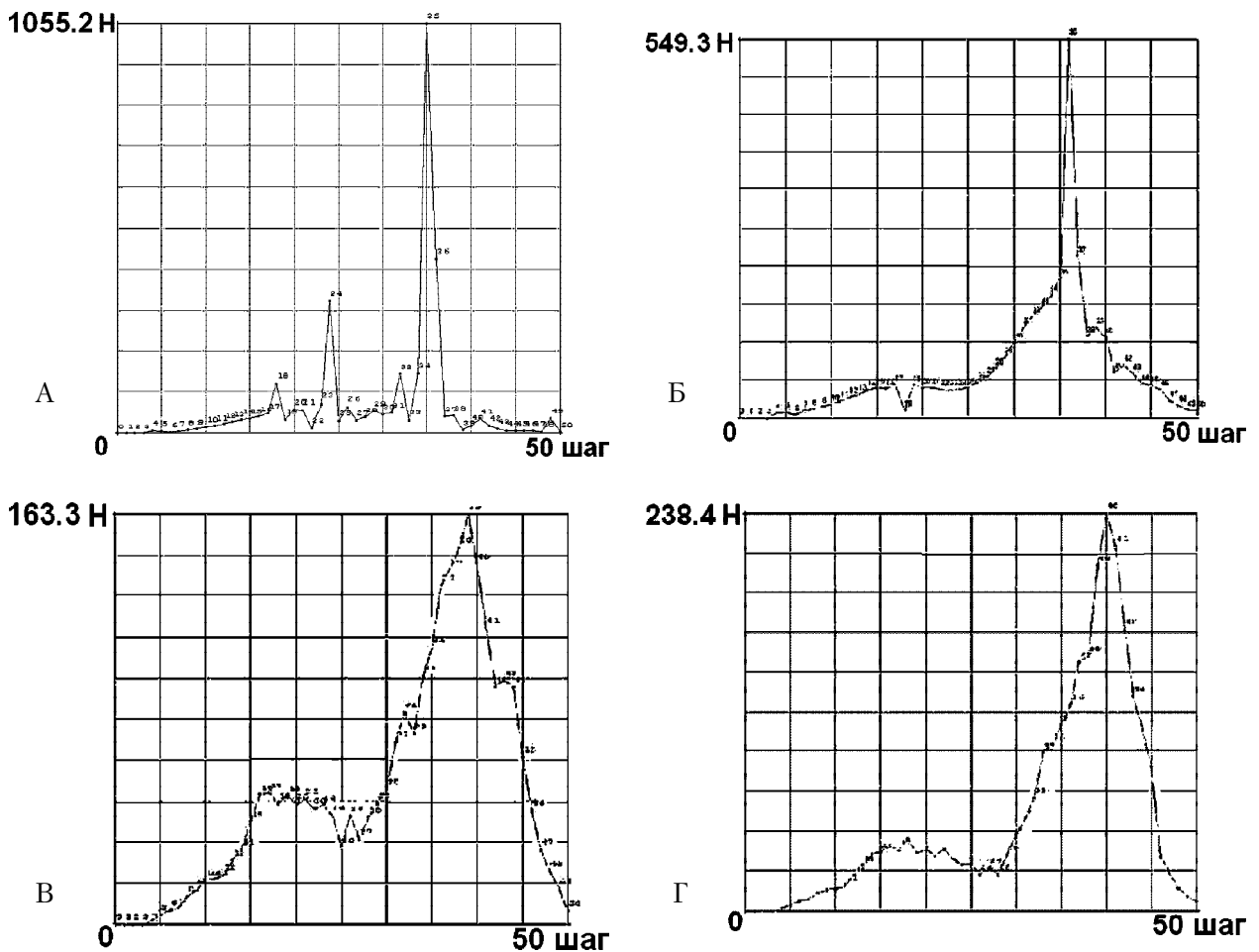


Рис. 8. Графики изменения усилия на пуансоне в процессе вытяжки КЭМ деталей:
 А – изотропный; Б – анизотропный; В – анизотропный текстурованный на 40%;
 Г – анизотропный текстурованный на 70%

Таким образом, в результате проведенных исследований разработана методика учета реальной структуры текстурированного материала при компьютерном моделировании всех процессов обработки металлов давлением. Проведено компьютерное моделирование процесса вытяжки полого стаканчика из изотропного, анизотропного, анизотропного текстурированного на 40 и 70% листового материала сплава АМг6. Показана целесообразность учета реальной структуры текстурированного материала при компьютерном моделировании процесса и возможность визуализации деформации структурных составляющих материала на различных этапах исследования, за счет окраски различных структурных составляющих в зависимости от их свойств и маркировки зерен стрелками в зависимости от ориентировки кристаллографических плоскостей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевелев В.В., Яковлев С.П. Анизотропия листовых материалов и ее влияние на вытяжку. М.: Машиностроение, 1972.
2. Oudjene M., Penazzi L., Batoz J.-L. Towards the three-dimensional FE analysis of rapid prototyping tools for sheet metal stamping process// Finite Elements in Analysis and Design. 2007. №43. p.611–619.
3. Khelifa M., Oudjene M., Khenmane A. Fracture in sheet metal forming: Effect of ductile damage evolution// Computers and Structures. 2007. №85. p.205–212.
4. Юшин В.Д., Бунова Г.З., Воронин С.В. Учет реальной структуры конструкционных материалов при компьютерном моделировании технологических процессов и разработке новых сплавов с использованием MSC. Nastarn for Windows// ВИНТИ “Депонированные научные работы” № 2, 2006 – № 1691-В2005 от 16.12.05.

COMPUTER SIMULATION OF DRAWING PROCESS OF A ALLOY AMg6 CYLINDRICAL CUP TAKING INTO CONSIDERATION REAL STRUCTURE

© 2009 G.Z. Bunova, S.V. Voronin, F.V. Grechnikov, V.D. Ushin

Samara State Aerospace University

Computer simulation drawing of a cup from a sheet material of alloy AMg6 was carried out. Influence of real structure a texture material on stress and deformation a condition was shown. Structures of the formed scallops, them difference thickness on forming and on perimeter were measured. Values of the maximal efforts of an extract were determined by comparison isotropic, anisotropic, textured on 40 % and 70 % of final-element models.

Key words: computer simulation, drawing, stress and deformation, final-element model.

*Galina Bunova, Candidate of Technics, Associate Professor.
Sergey Voronin, Graduate Student.
Fedor Grechnikov, Doctor of Technics, Professor,
Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Vice
Rector for Academic Affairs. E-mail: teach@ssau.ru.
Valentin Ushin, Doctor of Technics, Professor.*