

УД8.52.011.56: 621.983.7.002

Моделирование процесса формообразования заготовки в условиях ползучести материала на жесткой матрице в автоклаве.

П.С. Огурцов

Аннотация

В статье представлены результаты моделирования процесса формообразования заготовки из сплава В95пч Т2 габаритами 400х600х6 в условиях ползучести материала в автоклаве при формообразовании на жесткой матрице двойной кривизны.

Ключевые слова

моделирование процесса; формообразование заготовки; ползучесть; напряженно-деформированное состояние.

В настоящее время в авиастроении внедряются процессы формообразования крупногабаритных панелей крыла самолета из высокопрочных алюминиевых сплавов в режиме ползучести. Интерес к данным технологиям вызван тем, что используя свойства ползучести материала можно получать панели двойной кривизны с высоким ресурсом прочности, который является одним из важнейших показателей для таких деталей как панели крыла самолета[1]. Теоретические основы явления ползучести хорошо развиты и описанные в трудах А.А. Ильюшина, С.И. Губкина, Н.Н. Малинина и др. ещё в середине прошлого столетия сегодня получили широкое применение в освоении новых технологических процессов при обработке высокопрочных труднодеформируемых алюминиевых сплавов[2].

Так, например, верхние панели крыла самолета изготавливаемые из сплавов В95оч/пч в состоянии Т2 с точки зрения традиционных технологий характеризуются как нетехнологичные. Существующие способы формообразования таких панелей деформированием на прессах, дробеструйной обработкой и ручной выколоткой на болванках являются многопереходными, трудоемкими процессами и требуют специального

технологического оснащения и высокой квалификации исполнителя. Использование технологии формообразования материала в режиме ползучести с применением автоклавного оборудования позволяет получить требуемую форму панели и заданные механические свойства детали за одну операцию, так как имеется возможность совместить процессы формообразования и термической обработки, что приводит к существенному сокращению цикла изготовления детали. При формообразовании в автоклаве давление равномерно распределено по поверхности заготовки и плавно вдавливают ее в матрицу, не создавая зон локальных концентраций в материале. Рабочий контур жесткой матрицы должен соответствовать теоретическому контуру панели крыла, скорректированному на величину пружинения заготовки. Подобные технологии получили широкое применение при изготовлении крупногабаритных панелей крыла современного самолета А-380 компании «Airbus» [3].

Технологический процесс укрупнено представляется в следующем виде:

- плоская фрезерованная заготовка размещается на рабочей оснастке (жесткой матрице);
- устанавливается «вакуумный мешок», позволяющий откачать воздух из пространства между заготовкой и формообразующей поверхностью оснастки;
- заготовка на оснастке устанавливается в автоклав, где создаются рабочая температура и давление.

Основными проблемами такого технологического процесса является правильный выбор температурно-временных режимов обработки и методики определения рабочего контура жесткой матрицы.

Температурный и временной режимы обработки заготовки зависят от свойств используемого материала. Параметры технологической операции формообразования определяются опытным путем и путем математического моделирования. Получило распространение моделирование с использованием конечно-элементных пакетов программ [4].

Для моделирования технологического процесса формообразования элемента панели крыла из сплава В95пч Т2 заданного теоретического контура использовался конечно-элементный пакет ABAQUS. Процесс моделирования позволяет проследить со временем развитие деформированного состояния, определить напряженно-деформированное состояние заготовки и подобрать оптимальные параметры операционной технологии. Для моделирования используются характеристики упругости, пластичности и ползучести материала. В настоящей работе использованы характеристики материала описанные в работах [4], [5],[6].

Целью данной работы является оценка пружинения заготовки после снятия технологических нагрузок, а также определение оптимального температурно-временного режима обработки и подбор энергосиловых параметров оборудования.

Для описания процесса при установившейся стадии ползучести использовался закон

Нортона $\dot{\varepsilon}^c = B * \sigma^n$

Использованы следующие параметры материала $B=6,52*10^{-49} (МПа)^{-n} c^{-1}$, $n=17,5$.

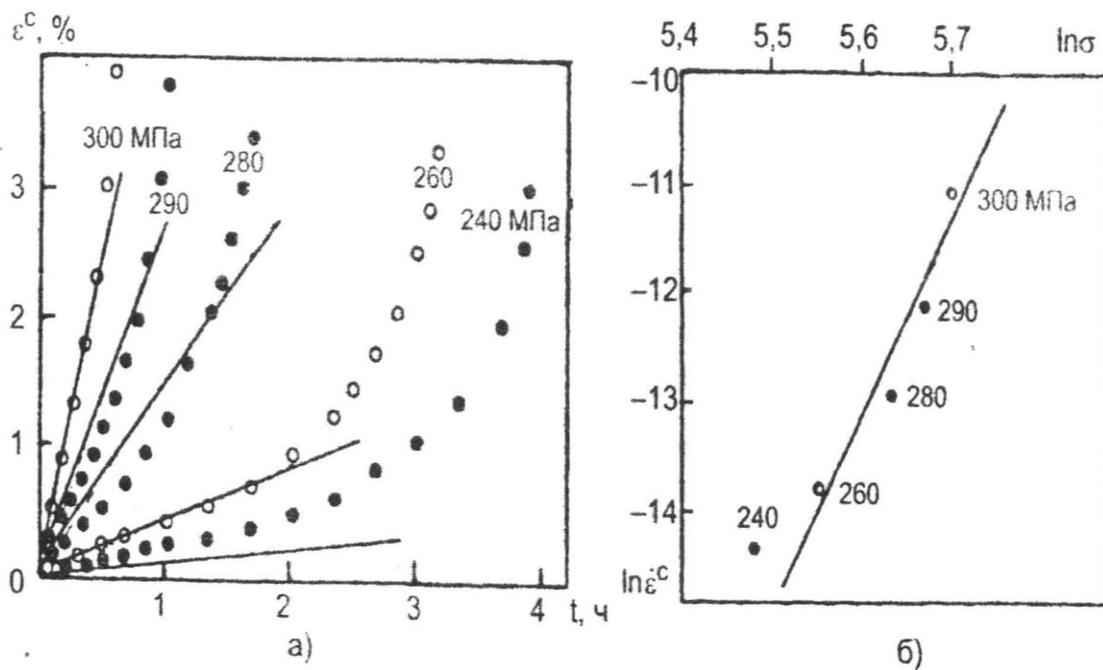


Рис.1 Диаграммы ползучести на растяжение сплава В95пч Т2 (лист, $h=6$ мм) при температуре $T=180$ °С при постоянном напряжении (а), определение показателя ползучести n (б) ($B=6,52*10^{-49} (МПа)^{-n} c^{-1}$, $n=17,5$) [3].

Зависимость влияния температуры на величину модуля упругости сплава В95пчТ2, необходимая для расчета пружинения детали представлена графиком (рис.2).

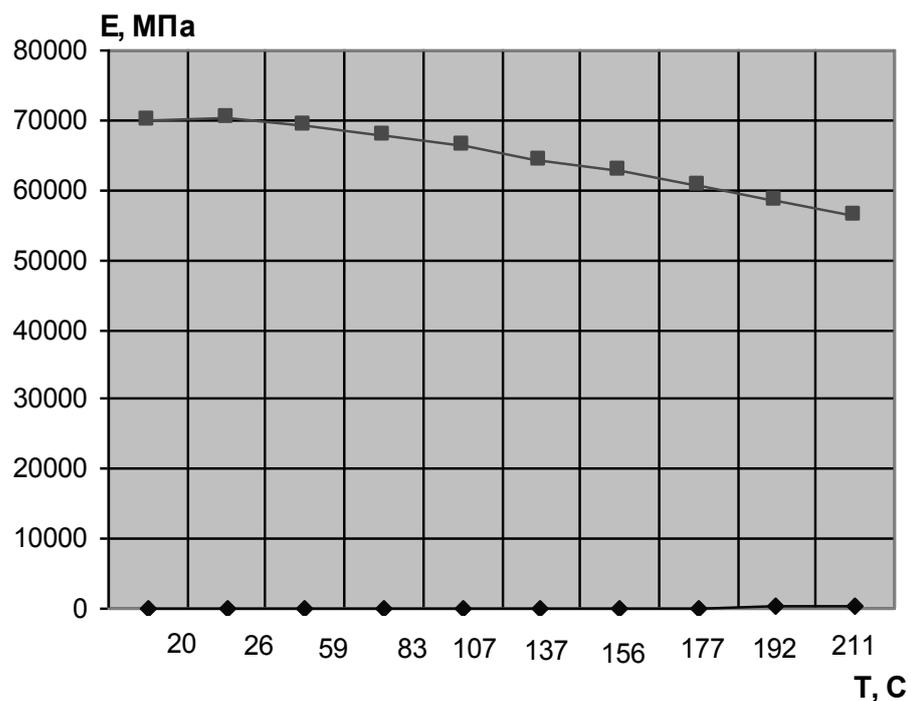


Рис.2 Зависимость влияния температуры на величину модуля упругости сплава В95пч Т2.

Процесс моделирования и напряженно-деформированное состояние панели представлены на рис. 3-9.

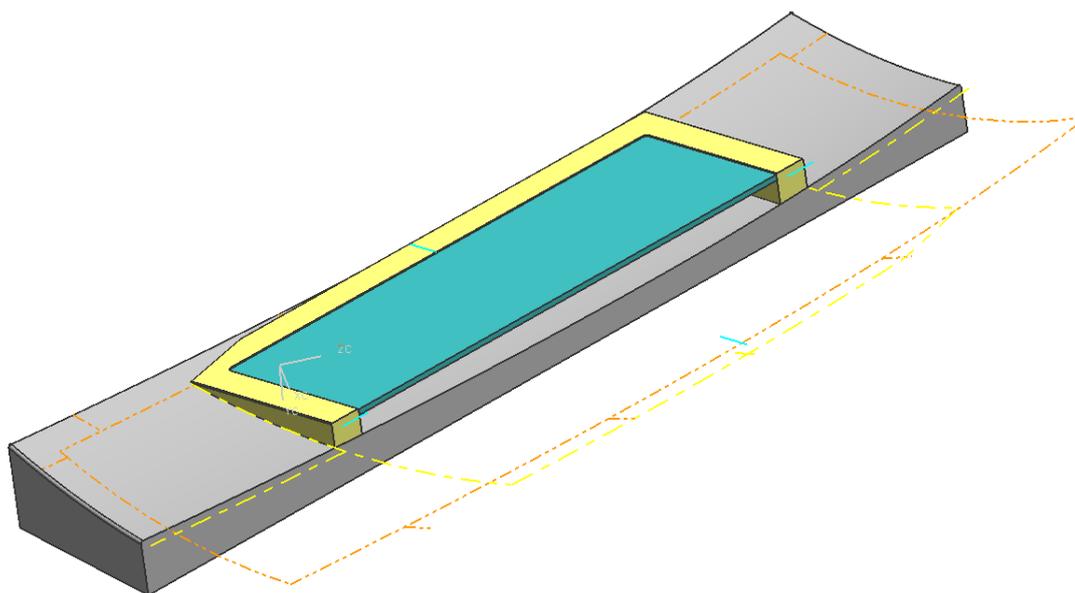


Рис.3 3D-модель матрицы, фиксирующей рамки и листовой заготовки выполненные в программе UG NX4.

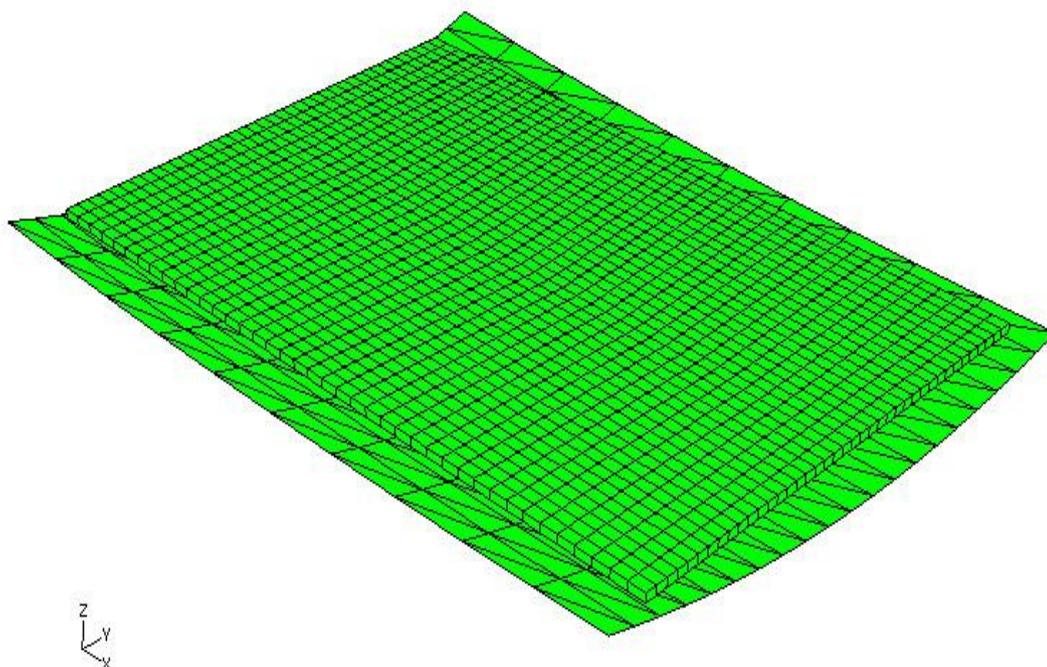


Рис.4 Конечно-элементная модель листовой заготовки и оснастки, выполненные в программе ABAQUS

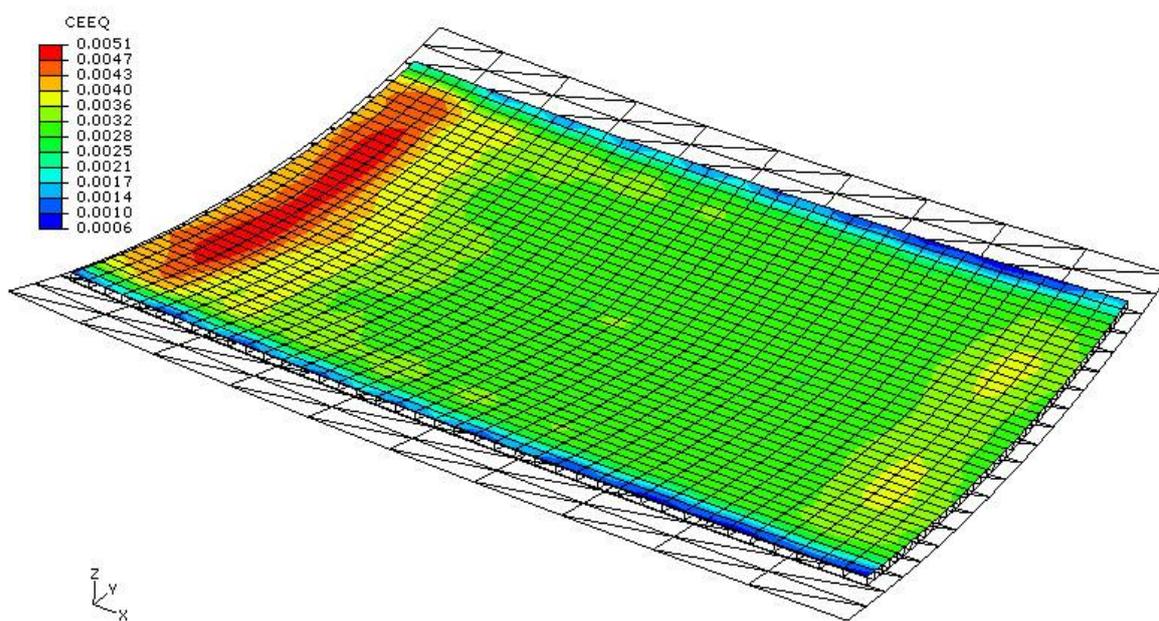


Рис.5 Пластические деформации в конце процесса формообразования

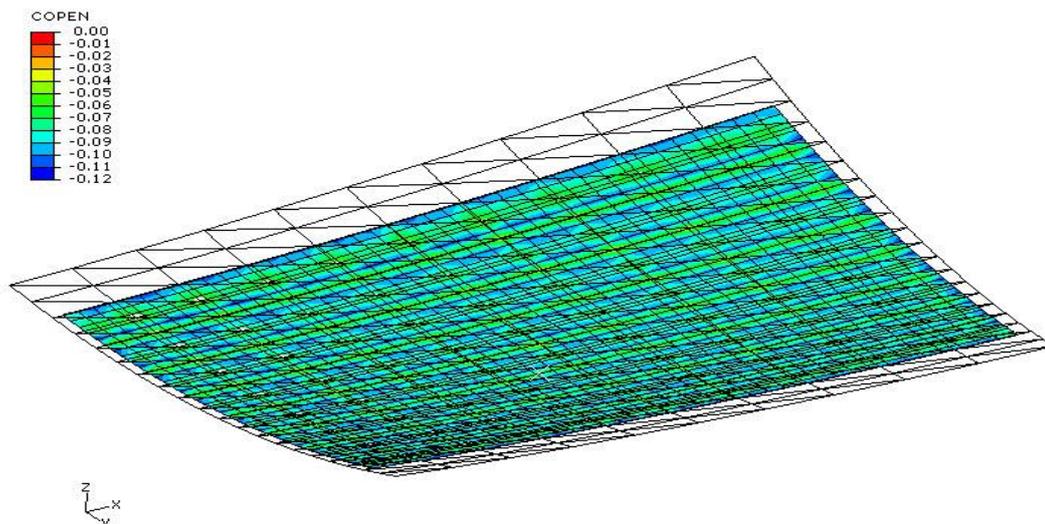


Рис.6 Поверхность контакта заготовки и матрицы

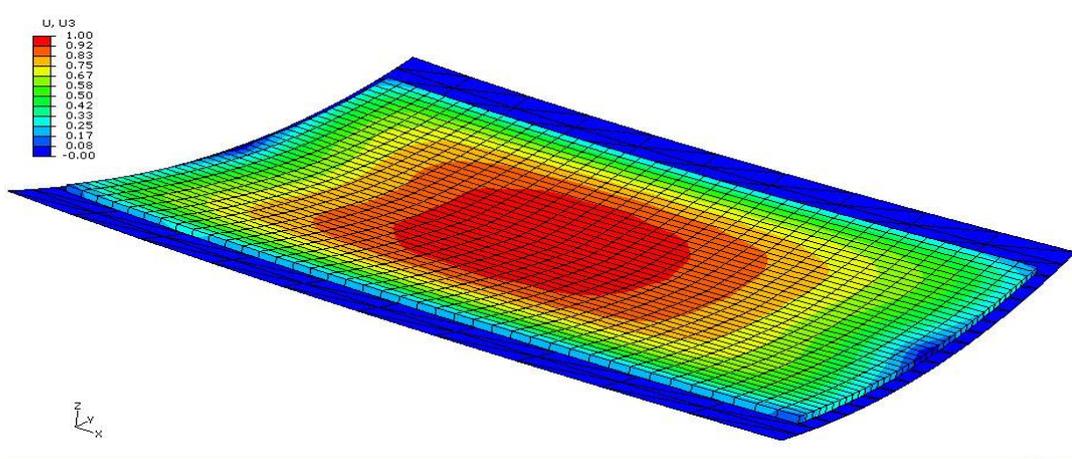


Рис.7 Пружинение панели после снятия нагрузки и охлаждения

Результаты моделирования представлены в таблице 1 и на рис.8, 9 в виде закона изменения величины давления формообразования в зависимости от времени.

Таблица 1

Время формообразования		4700 сек*
Макс. давление		2.42 атм
Пластические деформации	Max	0.5 %
Конечная минимальная толщина	Min	5.99 mm

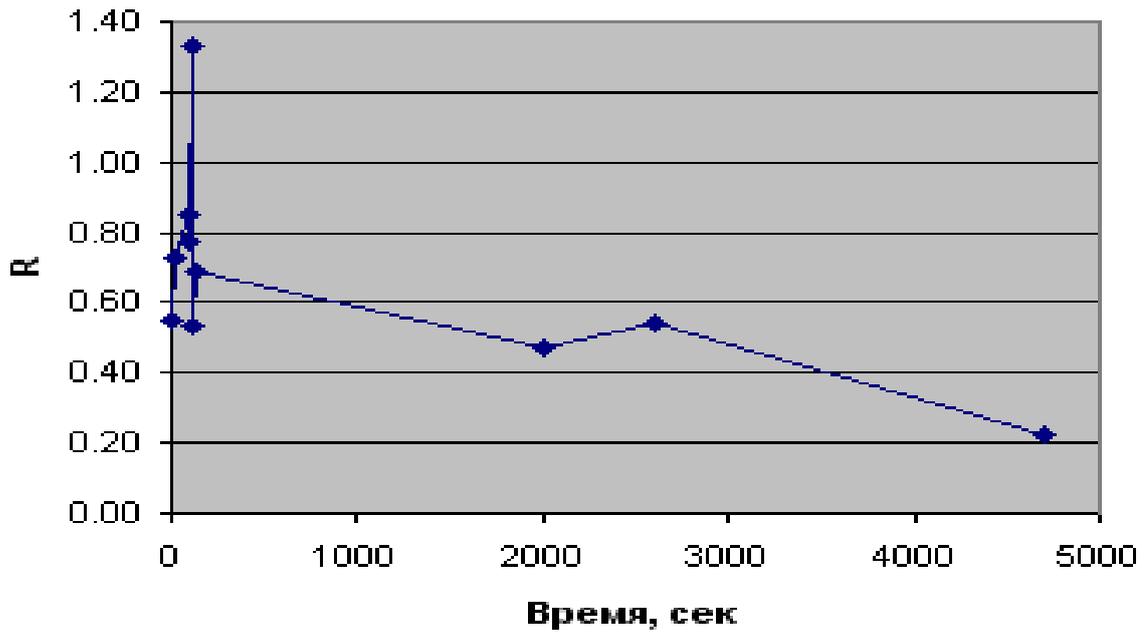


Рис.8 Отношение текущей скорости деформации ползучести к предельной скорости ползучести

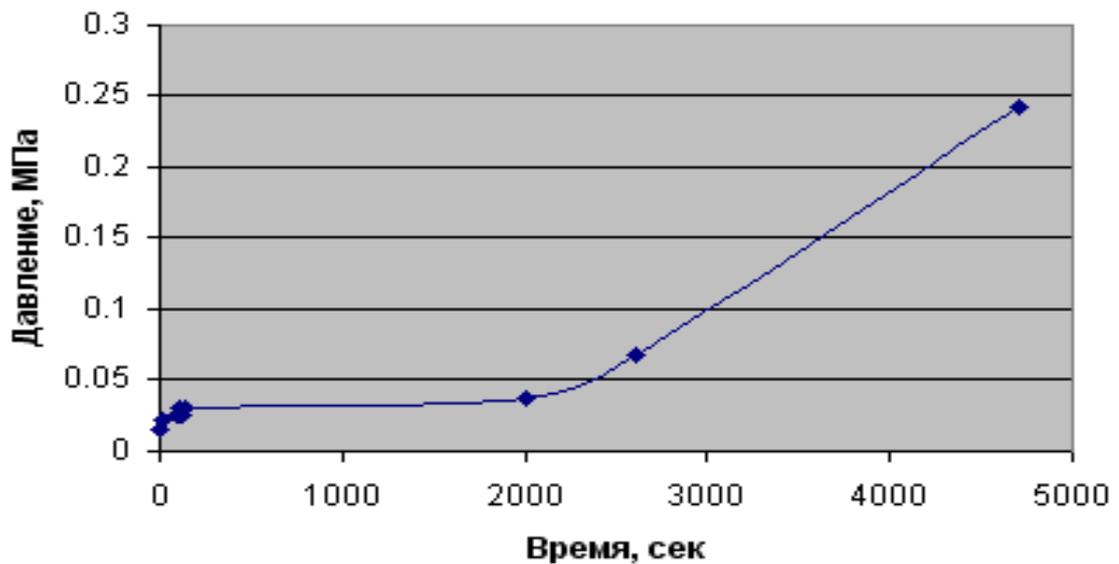


Рис.9 Величина давления формообразования

Заключение:

Моделирование технологического процесса формообразования элемента панели крыла позволяет:

1. Оценить напряженно-деформированное состояние в ходе формообразования и подобрать температурно-временные режимы процесса;
2. Подобрать энергосиловые параметры автоклавного оборудования;

3. Выполнить оценку пружинения заготовки после снятия нагрузки и подобрать рабочий контур жесткой матрицы для получения необходимого контура панели.

Результаты работы предполагается использовать при проектировании операционной технологии формообразования панелей в условиях ползучести и корректировки оснастки на величину пружинения заготовки.

Библиографический список:

1. Братухин А.Г. Современные технологии авиастроения/Коллектив авторов; Под ред. А.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.
2. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести/ Н.Н. Малинин. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
3. Advertising booklet «The Aeroform Group» Co. 2007, 16 p.
4. Пекарш А.И., Олейников А.И., Бакаев В.В., Сарыков С.Э., Долгополик О.Д. Подготовка производства сложных деталей двойной знакопеременной кривизны методом конечно-элементного анализа геометрической модели с комплексной разработкой формообразующей оснастки, развертки детали и рекомендаций по технологическому процессу// САПР и графика. – 2009. №2. – с. 88–96.
5. Горев Б.В., Масанов И.Ж. Особенности деформирования листовых конструкционных плит из алюминиевых сплавов в режимах ползучести//Технология машиностроения. – 2009. №7. – с. 13–20.
6. Горев Б.В. Технология формообразования крупногабаритных деталей из листа и плит в режиме ползучести//Технология машиностроения. – 2008. №2. – с. 11–17.

Сведения об авторах:

Огурцов Павел Сергеевич, начальник конструкторского отдела ОАО «Воронежское акционерное самолетостроительное общество»,
тел.: 8-903-850-88-26; e-mail: ogurzowps@mail.ru.