

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ТОНКИХ ОБОЛОЧКОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛАСТИЧНЫМ ПУАНСОНОМ

Зоренко Д.А.

Тверской государственной технической университет, г.Тверь

Ключевые слова: САЕ-системы, штампы, формообразующие элементы, эластичный пуансон, тонкая оболочковая деталь с поднутрением, коэффициент запаса прочности, механическая деформация, коэффициент запаса усталостной прочности, механическое напряжение.

Аннотация. Представлены основные результаты проектирования штамповой оснастки для получения тонких оболочковых деталей с применением САЕ-моделирования. Для расчета технологического усилия и стойкости формообразующих элементов штампа был использован программный комплекс Компас АРМ FEM фирмы АСКОН. Описан процесс моделирования формообразования детали, работы эластичного пуансона, рассчитаны режимы формования и представлен проект формообразующего штампа. Произведено качественное сравнение результатов САЕ-моделирования с результатами натурального эксперимента.

DESIGN OF TOOLING FOR FORMING THIN SHELL PARTS WITH AN ELASTIC PUNCH

Zorenko D.A.

Tver state technical university, Tver

Keywords: CAE systems, dies, forming elements, elastic punch, thin shell part with undercut, safety factor, mechanical deformation, fatigue strength factor, mechanical stress.

Abstract. The main results of designing die tooling for obtaining thin shell parts using CAE modeling are presented. To calculate the technological effort and resistance of the forming elements of the stamp, the Compass APM FEM software package from ASKON was used. The process of modeling the forming of a part, the work of an elastic punch is described, the forming modes are calculated and the project of a forming die is presented. A qualitative comparison of the results of CAE modeling with the results of a full-scale experiment was made.

Тонкостенные листовые детали имеющие замкнутый контур с поднутрениями находят широкое применение в различных областях техники и особенно в современном авиастроении. Это объясняется особыми требованиями функциональности и надежности, предъявляемыми к узлам и агрегатам авиадвигателя. К качеству авиационной техники предъявляются значительно более жесткие требования по сравнению с требованиями других отраслей машиностроения. В этих условиях в авиационном моторостроении наиболее актуальными являются проблемы, связанные с увеличением срока службы технологической оснастки, упрощения ее конструкции и снижение себестоимости детали. Решение данного круга вопросов требует комплексного подхода, поскольку на качество изготавливаемых деталей влияет огромное количество самых различных факторов. Эти факторы могут иметь разную природу, также различна и степень их влияния на точность размерной обработки деталей [1,2].

В настоящей работе решаются задачи создания расчетной модели формования, выбора оптимального метода формования, а также проектирования технологической оснастки. Известны следующие процессы формования тонкостенных деталей, определяемые схемой напряженно-деформируемого состояния заготовки в процессе ее формообразования (независимо от вида среды рабочих частей штампов): вытяжка (60% всех штампуемых деталей), формовка (15%), обжим (7%), ротационная вытяжка (6%), обтяжка (4%).[1]. Для изготовления используют алюминиевые, магниевые, титановые сплавы, жаропрочные, нержавеющие стали и другие материалы. Для получения тонкостенных деталей используется множество способов, но многие из них могут требовать или уникального оборудования и оснастки (штамповка взрывом, электрогидроштамповка и пр.), или не обеспечивают заданной точности контура штампованной детали, т.е. имеют свои преимущества и недостатки. Решение названной проблемы обеспечивается созданием новых и усовершенствованием существующих процессов холодной обработки давлением с учетом свойств и поведения материалов. Существующие сегодня системы автоматизированного проектирования CAD/CAM/CAE-системы позволяют в значительной степени упростить процесс проектирования оснастки, значительно сократить время и число возможных ошибок проектирования и значительно ускорить процесс технологической подготовки производства [2,3].

На сегодняшний день существует несколько CAE-систем, позволяющих осуществлять моделирование работы формообразующих элементов технологической оснастки. Для решения поставленных задач был выбран программный комплекс Компас АРМ FEM фирмы АСКОН. Этот программный продукт является отечественной разработкой, а, следовательно, значительно более доступный в сравнении с иностранными системами.

В представленной работе проводилось моделирование процесса изменения формы заготовки, определено предельное количество технологических циклов стойкости эластичного пуансона и спроектирована оснастка.

В качестве материала заготовки был выбран никелевый сплав марки 97НЛ. В качестве материала пуансона использовали полиуретан марки СКУ-7Л. Остальные элементы штампа не принимали участия в процессе моделирования. При проектировании штампа, в качестве материалов остальных элементов были выбраны конструкционные стали марок 45, 40Х и инструментальные стали марок ХВГ и Х12М.

На рисунке 1 показано распределение коэффициента запаса усталостной прочности пуансона, значение которого показывает максимально возможное число циклов нагружения эластичного пуансона до его разрушения. Моделирование формообразования детали и работы пуансона проводилось по двум технологическим схемам. Формование детали путем тройного последовательного нагружения (технологическое усилие $8,8 \text{ Н/мм}^2$). После каждого технологического цикла нагружения производился отжиг при температуре $1030 \pm 10^\circ\text{C}$ в среде аргона с выдержкой 20...25 минут и последующим охлаждением в масле. После третьего цикла окончательной формовки проводилось старение в печи при температуре $510 \pm 10^\circ\text{C}$ в течении 1,5-

2 часов. Вторая технологическая схема заключалась в формовании детали за один технологический цикл при необходимом усилии $116,5 \text{ Н/мм}^2$. После формования также производилось старение в печи при температуре $510 \pm 10^\circ\text{C}$ в течении 1,5-2 часов. Представленное на рисунке 1 значение коэффициента запаса по усталостной прочности - 125 циклов говорит о том, что при такой нагрузке с помощью одного пуансона можно изготовить 41 деталь. На рисунке 2а представлена схема спроектированного штампа. Цифрами обозначены: 1 – полуматрица (фотография которой представлена на рис. 2б), 2 – эластичный пуансон, 3 – плунжер, 4 – шток пресса, 5 – кольцо проставочное, 6 – матрице держатель, 7 – плита нижняя.

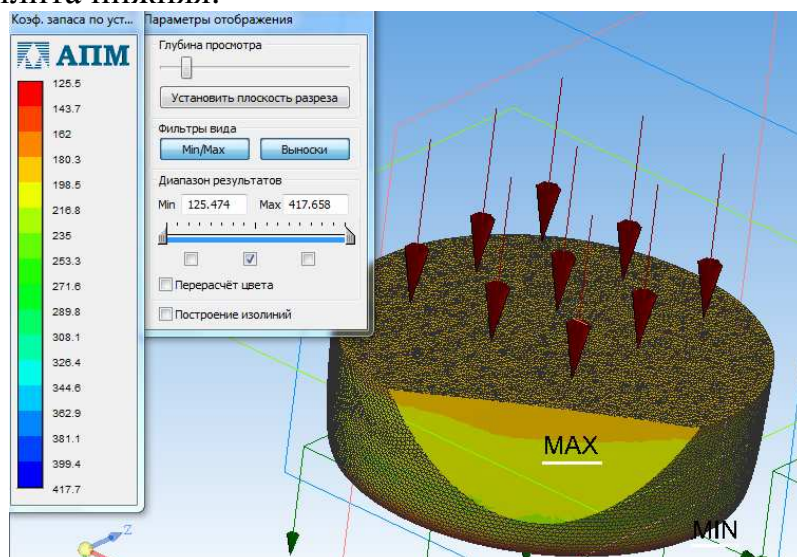


Рис. 1. Расчетное распределение коэффициента запаса по усталостной прочности для эластичного пуансона

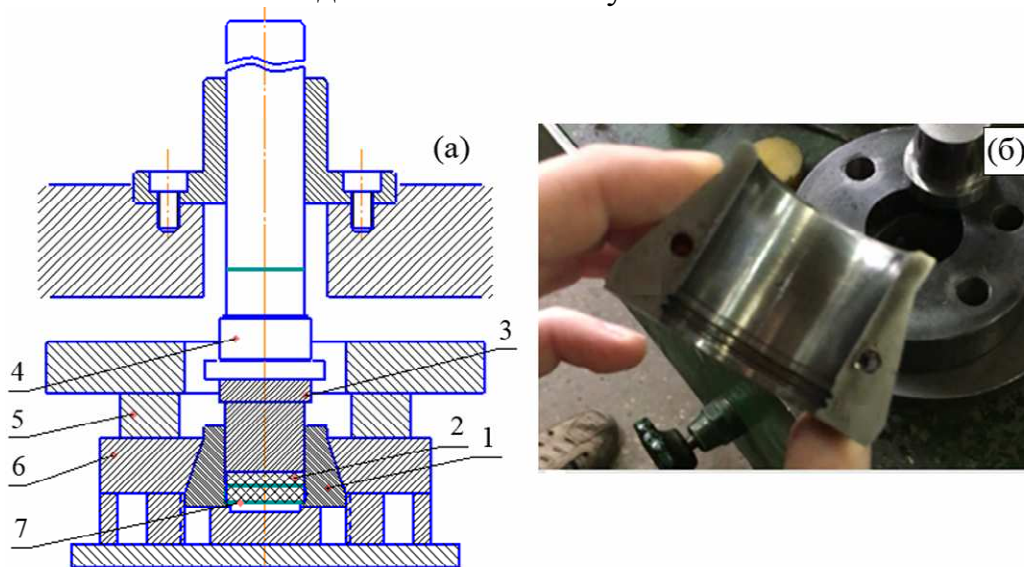


Рис. 2. Схема проектируемого штампа (а), изображение изготовленной полуматрица (б)

Результаты моделирования показали, что получение требуемой геометрии детали возможно, как при трех этапном формовании, так и за один технологический цикл. Но при этом усилие формования за один цикл должно быть в 13 раз выше. Моделирование работы пуансона показало, что при таком

усилии стойкость пуансона падает с 41 детали до 1 производимой детали. Таким образом, технологическая схема получения детали за один цикл эластичным пуансоном является более производительной, но значительно более затратной по материалу пуансона. В условиях мелко и среднесерийного производства выгоднее применять формование эластичным пуансоном за три цикла. В условиях крупносерийного и массового производства с целью повышения производительности операции наиболее удачным вариантом будет формование жидкостью (маслом). Такой вариант технологии позволяет получать форму за один цикл нагружения и лишен показанного недостатка присущего эластичному пуансону – разрушение пуансона после одного цикла формования при значительно (13 раз) более высоком требуемом уровне технологического усилия.

Применение метода конечных элементов позволяет быстро, эффективно, а главное достоверно оценить формообразование в процессе холодно листового формования. Результаты моделирования показали хорошую корреляцию с результатами реального технологического процесса. Расчетный модуль АРМ FEM фирмы АСКОН позволяет успешно решать задачи связанные с оценкой стойкости штампового инструмента и формообразованием изделий из тонкого листового материала.

Список литературы

1. Схиртладзе А.Г. Автоматизированное проектирование штампов. Владимир: ВГУ, 2007. 284с.
2. Почекуев Е.Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX. М.: ДМК-Пресс, 2012. 336 с.
3. Лeksuтов И.С. Автоматизация совместного численного и экспериментального исследования технологических процессов // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2013. Вып. 11. С. 56-60.

Сведения об авторах:

Зоренко Дмитрий Анатольевич – к.т.н., доцент, ТвГТУ, г.Тверь.