

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИТУПЛЕНИЯ РЕЖУЩИХ КРОМОК ВЫРУБНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ТОЧНОСТЬ ВЫРУБАЕМОГО КОНТУРА ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РАСКРОЕ ДАВЛЕНИЕМ ЭЛАСТИЧНОЙ СРЕДЫ

© 2012 И. Ю. Федотова¹, С. Г. Рыжаков², С. Г. Дементьев³, Ю. В. Федотов¹, Е. Г. Громова¹

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева
(национальный исследовательский университет)

² Ульяновский филиал КБ "Туполев"

³ ОАО "Авиастар СП", г. Ульяновск

Поступила в редакцию 04.06.2012

В статье авторы описывают результаты исследований влияния притупления режущих кромок вырубного инструмента и других технологических факторов на параметры качества вырубаемых деталей давлением полиуретана. Установлен пороговый уровень притупления вырубного инструмента, за пределами которого рекомендуется перешлифовка поверхности вырубного инструмента. Результаты численных исследований подтверждены экспериментами.

Ключевые слова: листовые материалы, давление полиуретана, вырубной инструмент, математическая модель.

В изготовлении изделий аэрокосмической отрасли в большей степени используются современные технологии с высокими показателями ресурсосбережения. В частности в заготовительно-штамповочном производстве применяются методы формообразования деталей давлением эластоплимерных материалов (полиуретана). Эти методы отличаются от традиционных способов штамповки малыми сроками подготовки производства, простотой и универсальностью штамповой оснастки, обеспечением группового принципа изготовления деталей и совмещением широкого спектра операций штамповки. К наиболее широко используемым методам формообразования деталей давлением полиуретана относятся методы разделительной штамповки. На кафедре производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении (ПЛА и УКМ) СГАУ разработано более десяти способов раскроя листовых деталей давлением полиуретана. Разработанные способы разделительной штамповки отличаются конструктивной схемой вырубного инструмента и принципом передачи давления эластичной среды на заготовку [1]. За счет

конструктивных особенностей вырубного инструмента создается различный механизм разделения листовой заготовки и наиболее благоприятная схема напряженно-деформированного состояния материала заготовки в очаге деформации, что позволяет управлять качеством контура разделения при вырубке деталей, как из пластичных, так и из малопластичных материалов. В зависимости от принципа передачи давления эластичной среды на заготовку способы штамповки выделены в следующие технологические схемы реализации процесса вырубки: в замкнутом, в полузамкнутом, в полуоткрытом и в открытом объемах эластичной среды, а также с использованием ротационного воздействия эластичного инструмента на заготовку. С использованием разработанных способов штамповки-вырубки полиуретаном на предприятиях аэрокосмической отрасли изготавливаются тысячи наименований деталей различного масштабного фактора и геометрической сложности, из материалов различных марок и широкого диапазона толщин заготовок. Вместе с тем технологические возможности существующих методов штамповки-вырубки не изучены, в частности, не исследовано влияние степени притупления режущих кромок вырубного инструмента на параметры качества штампуемых деталей. Для решения данной проблемы авторами проведены теоретические и экспериментальные исследования. В теоретических исследованиях использовалось конечно-элементное математическое моделирование с применением программного комплекса Ansys. Для математического описания процесса разделения листовой заготовки давлением полиуретана использовалась ранее разработанная модель [2] в которой учиты-

Федотова Ирина Юрьевна, аспирант кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении.

Рыжаков Станислав Геннадьевич, директор.

*Дементьев Сергей Геннадьевич, Генеральный директор .
Федотов Юрий Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении.*

*Громова Екатерина Георгиевна, кандидат технических наук, доцент кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении.
E-mail: barvinok@ssau.ru*

валось притупление режущих кромок вырубного инструмента. При численных расчетах оно задавалось дискретно (0,01; 0,05; 0,1; 0,2) мм. Механизм процесса разделения подробно описан авторами в работе [3]. При этом, для получения обобщающих результатов, в численных расчетах производилось варьирование: толщиной заготовки в пределах от 0,5 мм до 2,5 мм; маркой материала заготовки (для алюминиевых сплавов) через относительный показатель механических свойств $k_m = \sigma_s / \sigma_B$ (где σ_s – предел текучести и σ_B – предел прочности материала заготовки); давлением воздействия эластичной среды на заготовку в пределах от 0,1 до 0,9 σ_B заготовки.

Примечание

1. Указанный диапазон давлений выбран из предварительных расчетов по известным формулам [1] необходимого давления вырубки деталей полиуретаном для четырех схем разделения:

- на обычных вырубных шаблонах (рис. 1 а)

$q = (0,1 \dots 0,2) \sigma_B$;

- на шаблонах с опорной рамкой (рис. 1 б)

$q = (0,3 \dots 0,4) \sigma_B$;

- на шаблонах с дополнительной опорой (рис. 1 в)

$q = (0,4 \dots 0,5) \sigma_B$;

- на шаблонах без дополнительной опоры (рис. 1 г) $q = (0,7 \dots 0,9) \sigma_B$.

2. В качестве показателей параметров качества в исследованиях принимались: β^0 - угол скола (угол наклона поверхности среза по контуру вырубной детали); Δy - относительное отклонение вырубной детали от контура вырубного инструмента (см. рис. 2).

3. Исследования проводились применительно к вырубному инструменту, изготовленному из углеродистой стали марки У8 – У10 с закалкой до твердости 58...60 единиц HRC.

В результате численных исследований получены графические зависимости влияния притупления режущих кромок вырубного инструмента (r_z , мм) и других технологических факторов на показатели качества (β и Δy) вырубной детали методами разделительной штамповки давлением полиуретана. Эти зависимости представлены на рис. 3 а, 3 б, 3 в и 4 а, 4 б, 4 в.

Отличительной особенностью этих зависимостей является то, что они построены для трех схем разделения, обозначенных на рисунках уровнем давления ($q_p = 0,1 \sigma_B$; $q_n = 0,5 \sigma_B$; $q_p = 0,7 \sigma_B$), соответствующего: $q_p = 0,1 \sigma_B$ - вырубке деталей на обычных шаблонах (рис. 1 а); $q_p = 0,5 \sigma_B$ - вырубке на шаблонах с дополнительной опорой (рис. 1 в); $q_p = 0,7 \sigma_B$ - вырубке на локализованном инструменте без дополнительной опоры (рис. 1 г).

Следует также отметить, что графические зависимости построены для оценки влияния обозначенных технологических факторов на по-

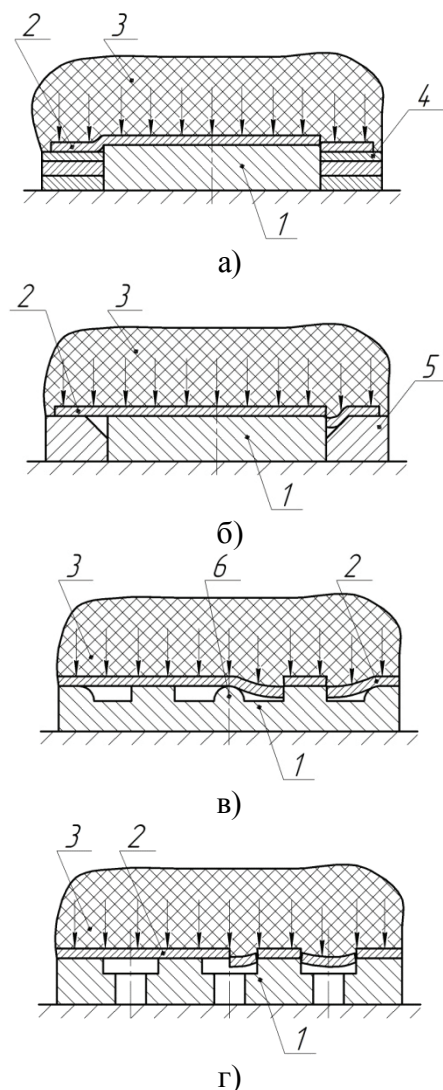


Рис. 1. Конструктивно-технологические схемы процессов разделительной штамповки листовых деталей давлением полиуретана:

а – вырубка на обычных шаблонах; б – вырубка на шаблонах с опорной рамкой; в – вырубка на локализованном инструменте с дополнительной опорой; г – вырубка на локализованном инструменте без дополнительной опоры; 1 – вырубной инструмент; 2 – заготовка; 3 – полиуретан; 4 – подкладные пластины; 5 – опорная рамка; 6 – дополнительная опора

казатели качества деталей, вырубных из наиболее характерных материалов, применяемых в аэрокосмической отрасли – алюминиевых сплавов марок: АД1М, АМцАМ, Д16АМ, АМг6М, Д16АТ. Кроме того, следует обратить внимание на то, что графические зависимости построены применительно к разделению листовых материалов толщиной $S = 1$ мм лишь с той целью, чтобы провести анализ характерного влияния технологических факторов на показатели качества вырубных деталей. Хотя численные расчеты позволяют получить подобные зависимости при раскрое листовых материалов любой толщины

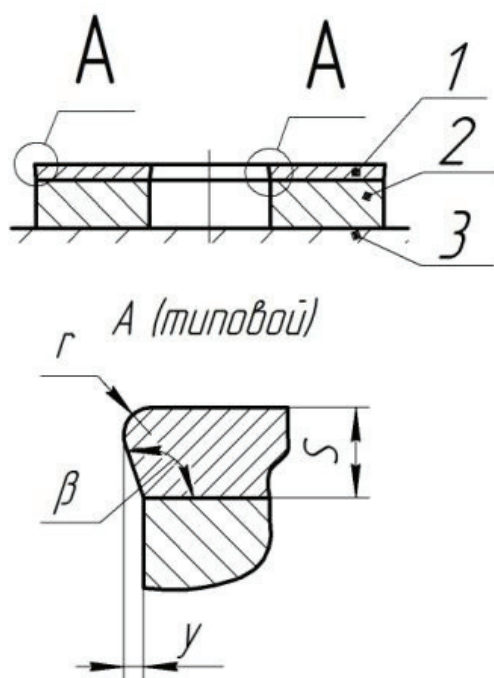
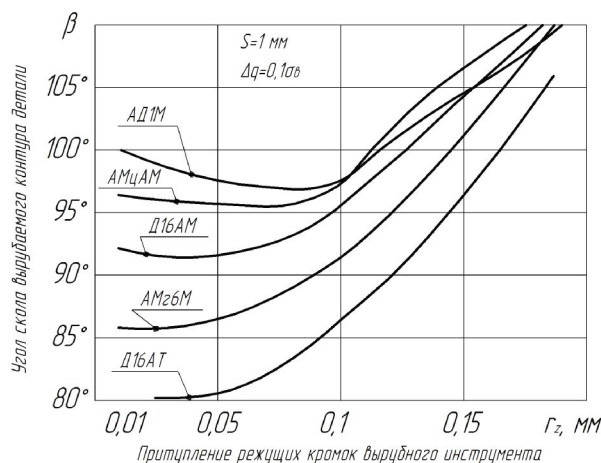
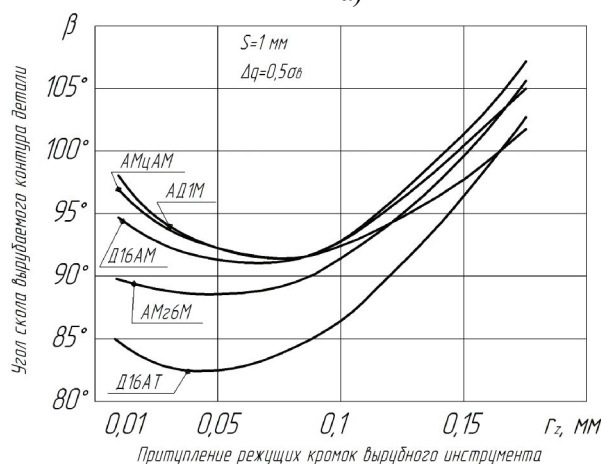


Рис. 2. Форма среза и показатели качества по вырубному контуру детали:
1 – деталь; 2 – вырубной шаблон; 3 – подштамповая плита

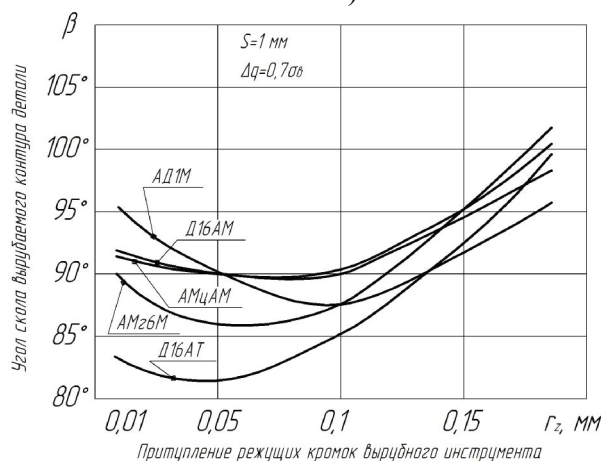
заготовки в пределах обозначенного диапазона от 0,5 мм до 2,5 мм. Из графических зависимостей (рис. 3 а, 3 б, 3 в и 4 а, 4 б, 4 в) видно, что при притуплении режущих кромок вырубного инструмента в пределах от 0,01 мм до 0,1 мм уровень значений параметров качества, как угла скола β^0 , так и отклонения контура детали Δy , от контура вырубного инструмента соответствуют тому диапазону значений параметров качества, который был получен при оптимальных значениях технологических факторов в ранних исследованиях для трех схем разделения [1]: угол скола β^0 в пределах $90^\circ \pm 5^\circ$, отклонение контура Δy в пределах $(0,15 \dots 0,25) S$ (толщины материала заготовки). С увеличением притупления режущих кромок $r_z > 0,1$ мм и более, как видно из графиков, значения параметров качества ухудшаются: угол скола β^0 увеличивается до $105^\circ \dots 115^\circ$, а отклонение вырубного контура детали возрастает до $(0,3 \dots 0,35) S$. Этот уровень значений параметров качества превышает допустимые значения, которые обозначены в технических условиях или в конструктивных чертежах на листовые детали. Следует также отметить, что худший диапазон значений параметров качества наблюдается для схемы разделения на обычных вырубных шаблонах (см. рис. 1 а). Из проведенного анализа результатов численных расчетов можно предположить, что установленный диапазон притупления режущих кромок вырубного инструмента, r_z от 0,01 мм до 0,1 мм соответствует в некоторой степени необ-



а)



б)



в)

Рис. 3. Влияние притупления режущих кромок вырубного инструмента и механических свойств материала заготовки на угол скола вырубного контура детали при раскрое листового материала толщиной $S=1$ мм:
а – на обычных вырубных шаблонах; б – на вырубных шаблонах с дополнительной опорой; в – на вырубном локализованном инструменте без дополнительной опоры

ходимой “остроте” режущих кромок вырубного инструмента, при которой допустимо выполнение операций раскроя листовых деталей давле-

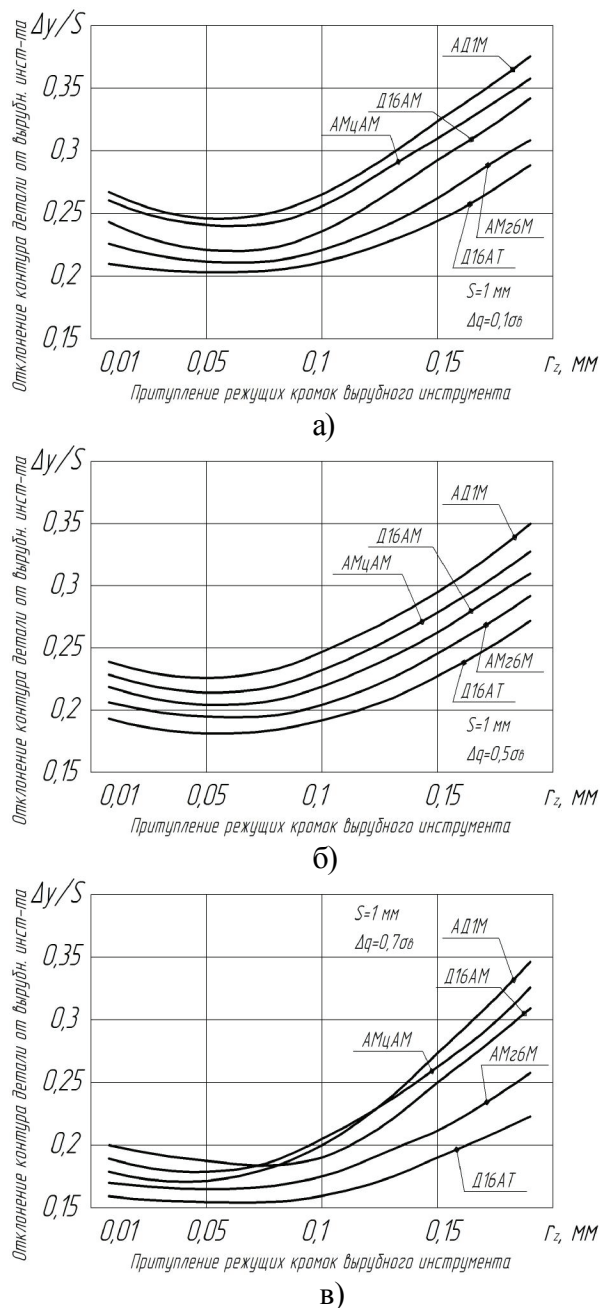


Рис. 4. Влияние притупления режущих кромок вырубного инструмента и механических свойств материала заготовки на отклонение контура детали от контура вырубного инструмента при раскрое листового материала: а – на обычных вырубных шаблонах; б – на вырубных шаблонах с дополнительной опорой; в – на вырубном локализованном инструменте без дополнительной опоры.

нием полиуретана. В случае превышения притупления режущих кромок вырубного инструмента значений $r_z \geq 0,15 \dots 0,2$ мм и более происходит не только существенное ухудшение параметров качества вырубляемых деталей, но и возможно возникновение неисправимого дефекта при штамповке-вырубке листовых деталей – это неполное отделение отхода по периметру

вырубляемой детали, что наблюдается иногда на практике (см. рис. 5).

Для проверки адекватности математической модели, авторами были проведены экспериментальные исследования. В экспериментальных исследованиях использовался метод рототабельного композиционного планирования второго порядка. В исследованиях учитывались те же технологические факторы, что и при математическом моделировании, и с тем же диапазоном варьирования. Разбивка значений факторов по уровням матрицы планирования приведена ниже в табл. 1.

По результатам экспериментов, статистической обработки данных и необходимых расчетов получены уравнения регрессии в виде полиномов второй степени, связывающие параметры качества с технологическими факторами в их кодированном выражении. Данные уравнения приведены ниже.

$$\beta^0 = 93,5 + 1,5X_1 + 4,3X_2 - 2,8X_3 - 1,1X_4 + 1,2X_1X_2 - 0,5X_1X_3 + 0,7X_1X_4 - 0,9X_2X_3 + 1,1X_2X_4 + 0,8X_3X_4 + 0,7X_1^2 + 1,9X_2^2 - 0,8X_3^2 - 0,9X_4^2 ; (1)$$

$$\Delta \bar{y} = 10^{-1} (2,3 - 0,14X_1 + 0,31X_2 - 0,28X_3 - 0,15X_4 + 0,15X_1X_2 + 0,08X_1X_3 + 0,08X_2X_3 - 0,1X_2X_4 - 0,08X_1^2 + 0,15X_2^2 - 0,08X_3^2 - 0,1X_4^2) ; (2)$$

Из уравнений регрессии следует, что наибольшее влияние на параметры качества оказывают два фактора: притупление режущих кромок

Таблица 1. Разбивка значение факторов по уровням матрицы планирования четырехфакторного эксперимента

Кодированное выражение факторов и уровней их варьирования	Натуральное выражение факторов			
	Толщина материала заготовки S, мм	Притупление режущих кромок вырубного инструмента Γ_z , мм	Уровень давления вырубной детали $\Delta q == q/k_n = \sigma_s/\sigma_b$	Характеристика механических свойств материала
код	X_1	X_2	X_3	X_4
+2	2,5	0,17	$0,9\sigma_b$	0,55
+1	2,0	0,13	$0,7\sigma_b$	0,5
0	1,5	0,09	$0,5\sigma_b$	0,45
-1	1,0	0,05	$0,3\sigma_b$	0,4
-2	0,5	0,01	$0,1\sigma_b$	0,35
Интервал варьирования J_i	0,5	0,04	$0,2\sigma_b$	0,05



Рис. 5. Детали с неполным отделением отхода из-за притупления режущих кромок вырубного инструмента

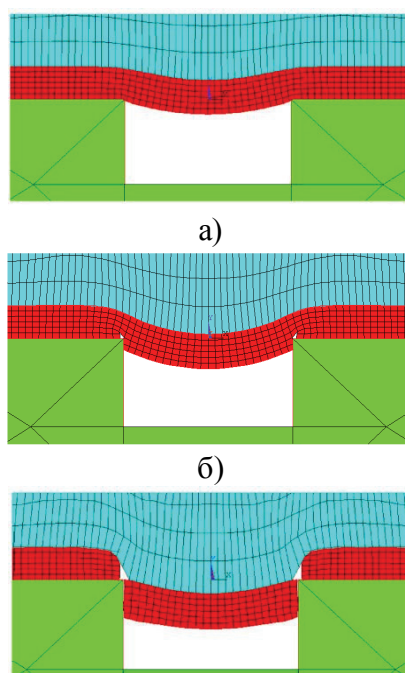


Рис. 6. Фрагменты заготовки в очаге разделения на различных этапах деформирования при острых режущих кромках вырубного инструмента:
а – пластический прогиб отхода; б – пластический сдвиг до возникновения скалывающей трещины; в – срез отхода по режущим кромкам вырубного инструмента

вырубного инструмента и уровень давления вырубки детали, характеризующий косвенно технологическую схему разделительного процесса. Оба этих фактора оказывают взаимосвязанное влияние на параметры качества исходя из следующих соображений. Когда возрастает притупление режущих кромок вырубного инструмента, то ослабевает “роль” этих кромок как концентратора напряжений и уменьшается характер сдвигового процесса разделения. При этом увеличивается доля растягивающих и изгибающих деформаций материала заготовки в очаге разде-

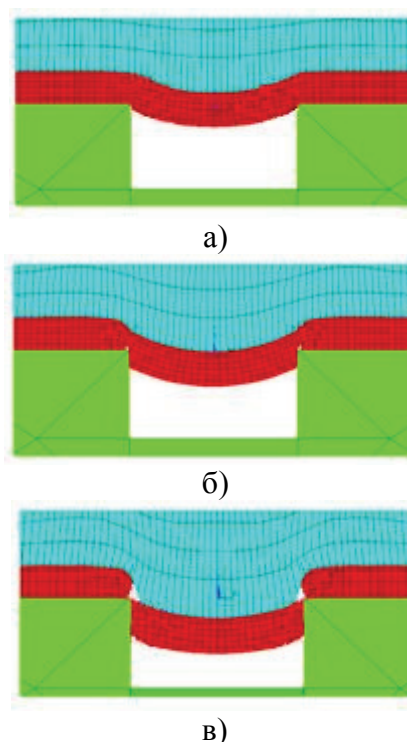


Рис. 7. Фрагменты заготовки в очаге разделения на различных этапах деформирования при вырубке на инструменте с притуплением режущих кромок до $r_z = 0,2$ мм:
а – пластический прогиб отхода; б – пластический сдвиг до возникновения скалывающей трещины; в – срез отхода по режущим кромкам вырубного инструмента

ления, что приводит к перетеканию материала заготовки в сторону отхода и, как следствие, угол скола β^0 увеличивается до $105^0 \dots 110^0$, и, соответственно, возрастает отклонение вырубного контура детали Δy . В подтверждение этому на рис. 6 представлены стадии процесса разделения листового материала на инструменте с острыми режущими кромками ($r_z = 0,01$ мм) и с притупленными режущими кромками ($r_z = 0,2$ мм) на рис. 7.

Используя метод “замораживания” факторов с помощью уравнения регрессии были построены графические зависимости влияния притупления режущих кромок вырубного инструмента на параметры качества для уровня давления $X_3 = 0$, т.е. $\Delta q = 0,5\sigma_s$ (схема вырубки на шаблоне с дополнительной опорой), для толщины заготовки $X_1 = +1$ ($S = 1$ мм) и марки материала заготовки из сплава АМг6М, т.е. $X_4 = +1$ ($k_m = 0,5\sigma_s/\sigma_b$). Аналогичные зависимости (для тех же значений обозначенных технологических факторов) были получены численным расчетом. При наложении этих зависимостей (см. рис. 8) нетрудно заметить наблюдается хорошее совпадение значений параметров качества, т.е. экспериментальные данные совпадают с результатами численных расчетов. Таким образом, разработанная математическая модель адекватна реальному процессу разделения листовой заготовки.

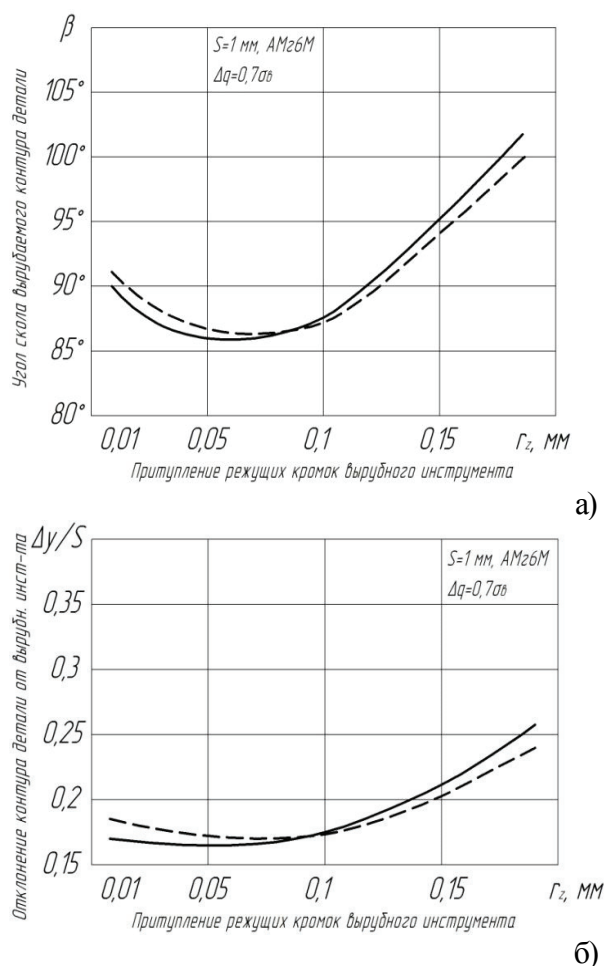


Рис. 8. Влияние притупления режущих кромок вырубного инструмента на параметры качества вырубляемых деталей при раскрое листовых материалов толщиной $S = 1$ мм (из материала АМг6М) на локализованном инструменте без дополнительной опоры: — результаты численных расчетов; - - - результаты экспериментов

Следовательно, используя численные расчеты можно заранее спрогнозировать точность вырубляемого контура детали для любой схемы разделения листовой заготовки широкого диапазона толщин и марок материалов (применительно к алюминиевым сплавам).

Однако на практике производство чаще интересует вопрос эксплуатационной стойкости вырубного инструмента, т.е. изготовление максимального количества деталей без перешлифовки вырубных шаблонов. Поэтому авторами была проведена работа по оценке влияния основных технологических факторов на притупление режущих кромок вырубного инструмента. Для этого в качестве параметра оптимизации вместо параметров качества вырубляемых деталей был выбран параметр, характеризующий притупление режущих кромок вырубного инструмента – радиус притупления r_z . В модель же процесса помимо выше упомянутых факторов был включен фактор “количество вырубленных деталей” на одном виде инструмента (вырубном шаблоне) без его перешлифовки.

Вместе с тем следует отметить, что смоделировать процесс притупления режущих кромок вырубного инструмента, как в предыдущем случае не представляется возможным, т.к. на данный момент не установлен механизм износа режущих кромок вырубного инструмента при раскрое листовых деталей давлением полиуретана. Поэтому в этих исследованиях был использован экспериментальный метод рототабельного композиционного планирования второго порядка. Как и в предыдущих экспериментальных исследованиях планирование экспериментов было приведено к четырех факторной модели. Разбивка значения основных обозначенных факторов по уровням матрицы планирования экспериментов приведена в табл. 2.

Примечание. В связи с большим объемом экспериментов, связанных с определенным количеством отштампованных деталей (см. таблицу 2, фактор X_2), авторами был привлечен статистический материал по учету вырубленных деталей на конкретном вырубном инструменте (без его перешлифовки) в одном из заготовительно-штамповочных цехов базового предприятия. Кроме того, в соответствии с методикой экспериментальных исследований после вырубки определенного количества деталей производился замер притупления режущих кромок вырубного инструмента, r_z , на профилографе – профилометре, как в лаборатории кафедры ПЛА и УКМ СГАУ, так и в ЦЗЛ базового предприятия.

По результатам проведенных экспериментов сбора статистических данных по притуплению режущих кромок вырубного инструмента для

Таблица 2. Разбивка значений факторов по уровням матрицы планирования для исследования стойкости вырубного инструмента

Кодированное выражение факторов и уровней их варьирования	Натуральное выражение факторов			
	Толщина материала заготовки S , мм	Количество вырубленных деталей на одном виде режущего инструмента n , шт	Уровень давления вырубки детали $\Delta q = q/\sigma_B$	Характеристика механических свойств материала $k_M = \sigma_s/\sigma_B$
код	X_1	X_2	X_3	X_4
+2	2,5	1050	$0,9\sigma_B$	0,55
+1	2,0	800	$0,7\sigma_B$	0,5
0	1,5	550	$0,5\sigma_B$	0,45
-1	1,0	300	$0,3\sigma_B$	0,4
-2	0,5	50	$0,1\sigma_B$	0,35
Интервал варьирования J_i	0,5	250	$0,2\sigma_B$	0,05

трех технологических схем вырубки деталей из соответствующих марок и толщин материала был произведен расчет коэффициентов уравнения регрессии и необходимый статистический анализ. После чего было получено уравнение регрессии в виде полинома второй степени.

$$r_z = (13,5 + 1,2X_1 + 3,5X_2 + 1,5X_3 + 1,1X_4 - 0,5X_1X_2 - 0,6X_1X_3 - 1,3X_2X_3 - 0,4X_1X_4 + 0,7X_2 - 0,3X_3X_4 + 0,5X_1^2 + 1,1X_2^2 + 0,6X_3^2 + 0,4X_4^2) \cdot 10^{-2} \quad (3)$$

Анализируя данное уравнение можно отметить, что наибольшее влияние на притупление режущих кромок, r_z , оказывает фактор количества вырубленных деталей (X_2), меньшее влияние по степени убывания оказывают факторы давления разделительного процесса (X_3), толщина (X_2) и механические свойства материала заготовки (X_4). Знаки “плюс” при первых степенях факторов говорят о том, что с увеличением значений каждого и в совокупности всех факторов притупление режущих кромок вырубного инструмента возрастает.

Для наглядного представления о характере и степени влияния каждого из технологических факторов на параметр притупления режущих кромок вырубного инструмента, (r_z), с помощью уравнения регрессии расчетным путем с использованием метода “замораживания факторов” были построены графические зависимости.

На рис. 9 а, 9 б и 9 в видно, что небольшое притупление режущих кромок вырубного инструмента, в пределах 0,02...0,12 мм наблюдается при количестве отштампованных деталей от 50 до 400 штук. При количестве отштампованных деталей от 500 до 1000 штук притупление режущих кромок начинает резко возрастать в пределах от 0,13 до 0,25 мм. Причем с увеличением давления штамповки-вырубки, и с повышением механических

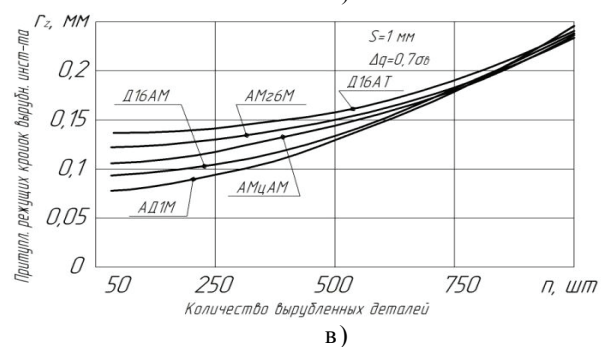
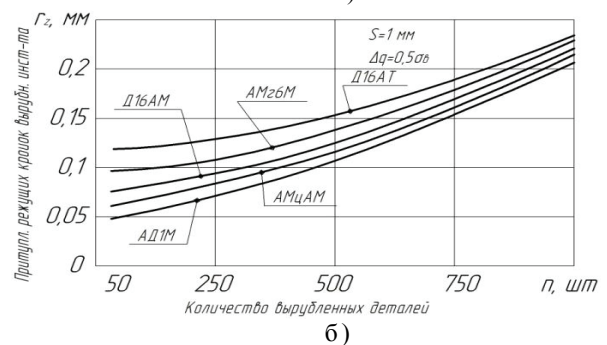
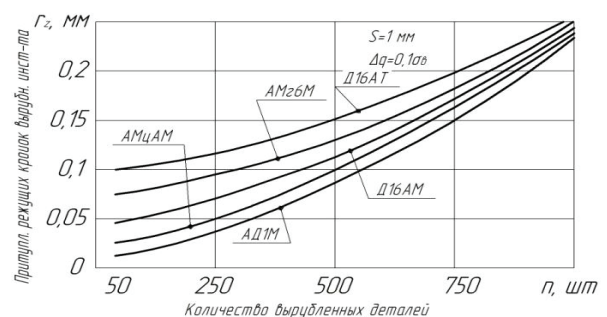


Рис. 9. Влияние количества вырубленных деталей и механических свойств материала заготовки на притупление режущих кромок вырубного инструмента при раскрое листовых материалов толщиной $S = 2$ мм: а – на обычных вырубных шаблонах; б – на вырубных шаблонах с дополнительной опорой; в – на вырубном локализованном инструменте без дополнительной опоры

ких свойств материала заготовки притупление режущих кромок возрастает в 1,5...2 раза.

ВЫВОДЫ

Из полученных результатов можно сформулировать практические рекомендации для раскроя листовых деталей давлением полиуретана.

1. Допустимый предел притупления режущих кромок вырубного инструмента для раскроя листовых материалов давлением полиуретана находится в диапазоне значений от 0,05 до 0,12 мм в зависимости от толщины и механических свойств материала заготовки, а именно: для материалов заготовок большей толщины (от 1,5 до 2,5 мм) и показателем механических свойств $k_z = \sigma_z / \sigma_s$ с большими значениями $k_z = 0,5 \dots 0,6 (\sigma_z / \sigma_s)$ допустимый предел радиуса притупления $r_z = 0,05 \dots 0,08$ мм.

Для меньших толщин $S \leq 1,5$ мм и $k_z \leq 0,5$ допустимый предел радиуса притупления $r_z = 0,08 \dots 0,12$ мм.

2. В случае превышения притупления режущих кромок вырубного инструмента указанного уровня значений, например, до диапазона $r_z = 0,15 \dots 0,2$ мм показатели, характеризующие качество вырабатываемого контура листовых деталей (β^0 – угол скола и $\Delta y = \Delta y / S \dots$ относительное отклонение размеров детали от контура вырубного инструмента) ухудшаются. Например, при оптимальных параметрах вырубного инструмента и режимах раскроя угол скола 90 ± 3^0 и отклонение от контура вырубного инструмента в пределах $(0,05 \dots 0,1)S$ толщины материала заготовки; с притупленными режущими кромками вырубного инструмента угол скола по контуру вырабатываемой детали $\beta > 110^0 \dots 115^0$, а отклонение контура детали $\Delta y = \Delta y / S = (0,3 \dots 0,35)S$.

3. Максимальное количество деталей, которое приводит к притуплению режущих кромок вырубного инструмента в пределах допустимых

значений ($r_z = 0,08 \dots 0,12$ мм) составляет 300...500 деталей (в зависимости от толщины и механических свойств материала заготовки – 300 для максимальных значений данных факторов, - 500 для минимальных значений толщин и показателей механических свойств материала заготовки).

4. Притупление режущих кромок вырубного инструмента для уровня значений $r_z > 0,25$ мм и более приводит к неполному раскрою контура детали при вырубке давлением полиуретана.

5. Для исключения дефектов неполного раскроя контура детали или вырубке деталей с плохими параметрами качества необходимо ввести контроль вырубленных деталей на одном вырубленном шаблоне без его перешлифовки, а в случае достижения предельного количества вырубленных деталей 500 штук целесообразно произвести перешлифовку вырубного инструмента (вырубного шаблона).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высокоэффективные технологические процессы изготовления элементов трубопроводных и топливных систем летательных аппаратов / В.А. Барвинок, А.Н. Кирилин, А.Д. Комаров, В.К. Моисеев, В.П. Самохвалов, Ю.В. Федотов. М.: Наука и технологии, 2002. 394 с.
2. Повышение эффективности технологии разделительной штамповки листовых деталей полиуретаном за счет использования различных схем открытого воздействия эластомера на заготовку / В. А. Барвинок, Ю. В. Федотов, А. П. Шумков, С. Г. Рыжаков, И. Ю. Федотова // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Том 12. № 4(2). С. 362-369.
3. Исследование механизма разделения листовых материалов при различных способах вырубке деталей полиуретаном / Ю.В. Федотов, В.К. Моисеев, А. П. Шумков, С.Г. Рыжаков, И.Ю. Федотова, Е.Г. Громова // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Том 12. № 4(2). с. 449-457.

RESEARCH OF INFLUENCE OF OBTUSION OF CUTTING EDGES OF THE CUTTING TOOL ON ACCURACY OF A CUT-DOWN CONTOUR OF SHEET DETAILS AT RASKRY PRESSURE OF THE ELASTIC ENVIRONMENT

©2012 I.U.Fedotova¹, S.G.Rizhakov², S.G. Dementev³, U.V. Fedotov¹, E.G.Gromova¹

¹Samara State Aerospace University

²Public Stock Company "Tupolev", Ulyanovsk Branch – Design Bureau

³Public Stock Company "Aviastar SP", Ulyanovsk

In article authors describe results of researches of influence of obtusion of cutting edges of the cutting tool and other technology factors on parameters of quality of cut down details pressure of a polyurethane. Threshold level of obtusion of the cutting tool is established, which repolishing of a surface of the cutting tool is recommended. Results of numerical researches are confirmed by experiments.

Keywords: sheet materials, pressure of a polyurethane, the cutting tool, mathematical model.

Irina Fedotova, Graduate Student

Stanislav Rizhakov, Chairman of the Board of Directors

Sergey Dementev, General Director

Yuri Fedotov, Candidate of Technics, Associate Professor of Aircraft Manufacturing and Quality Control in Engineering Department.

Ekaterina Gromova, Candidate of Technics, Associate Professor at the Aircraft Manufacturing and Quality Control in Engineering Department