УДК 621.961.2

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТЕСНЁННОГО ИЗГИБА В ШТАМПЕ С ЭЛАСТИЧНЫМ ПУАНСОНОМ

© 2009 А. Д. Комаров, Е. В. Еськина, Н. Ю. Поникарова

Самарский государственный аэрокосмический университет

Разработана конструкция штампа для стеснённого изгиба листовых деталей и отрезки заготовок от полосы за один ход пресса. Штамп обеспечивает утолщение материала в зоне гиба, уменьшение радиуса гиба и пружинения, что повышает прочность, жёсткость, качество и ресурс деталей, а также производительность труда. Приведена методика расчёта основных параметров процесса изготовления деталей.

Стеснённый изгиб, конструкция штампа, эластичный пуансон, пружинение, утолщение материала.

В работах [1, 2] была описана конструкция штампа для стеснённого изгиба листовых деталей и отрезки заготовок от полосы. Однако в этом штампе затруднительна регулировка усилия поджатия пружины и положения ролика в пазе корпуса. Авторами настоящей статьи разработан штамп для стеснённого изгиба листовых деталей с регулируемым механизмом [3].

Штамп состоит из нижней плиты 1, к которой винтами 2 крепится матрица 3, внутри которой с помощью штифта 4 фиксируется стержень из эластомера 5, его сжатие ограничивается упорами 6, высота которых должна быть равна 70 % от высоты стержня, чтобы обеспечить деформацию эластомера не более 30 %, это необходимо для сохранения его работоспособности; на стержне расположен выталкиватель 7. На матрицу подают полосу материала 8, движение которой в заданном направлении обеспечивают направляющие, выступ матрицы служит передним упором. Пуансон 10, изготовленный из эластомера (полиуретана или резины), пуансонодержатель 11 и стержень из эластомера 12 крепятся с помощью винта 13 и гайки 14 к корпусу 17. Корпус 17 фиксируется на верхней плите 18, к ней крепится нож 28 пружиной 19. Движение ножа 28 осуществляется по направляющим пластинам 20, которые крепятся к корпусу 17 винтами 21 и обеспечивают необходимый зазор между ножом и матрицей, а также по направляющим, установленным на матрице. Усилие на нож 28 передаётся через подпружиненный ролик 22, положение которого регулируется двумя винтами 23, выставленными в соответствии с градуированными шкалами 24. Усилие поджатия пружиной 26 ролика 22 регулируется винтами 15 в соответствии со шкалами 16. Контакт пружины 26 и ролика 22 осуществляется через два штока 25. Направляющие втулки 27 и колонки 29, запрессованные в верхнюю и нижнюю плиты, обеспечивают точное положение верхней и нижней частей штампа.

Штамп работает следующим образом. Подается полоса 8, которая движется по направляющим. Продвижение полосы вперед ограничивается выступом матрицы 3, выполняющим функции упора. Верхняя плита остается неподвижной, винтами 23 устанавливается по шкалам 24 положение ролика 22 так, чтобы (0,35…0,45) его части находилась в ноже 28, это обеспечивает передачу ножу необходимого усилия для отрезки заготовки, а винтами 15 по шкалам 16 устанавливается величина усилия поджатия пружины 26. Далее верхняя плита 18 под действием усилия пресса начинает двигаться вниз. Вместе с ней по направлению к матрице 3 движутся корпус 17 и нож 28, на который усилие передается через подпружиненный ролик 22. Нож 28 отрезает заготовку от полосы и останавливается, когда его выступ упрётся в полосу (рис. 1).

При дальнейшем ходе верхней плиты 18 вниз ролик 22 выходит из своего гнезда и

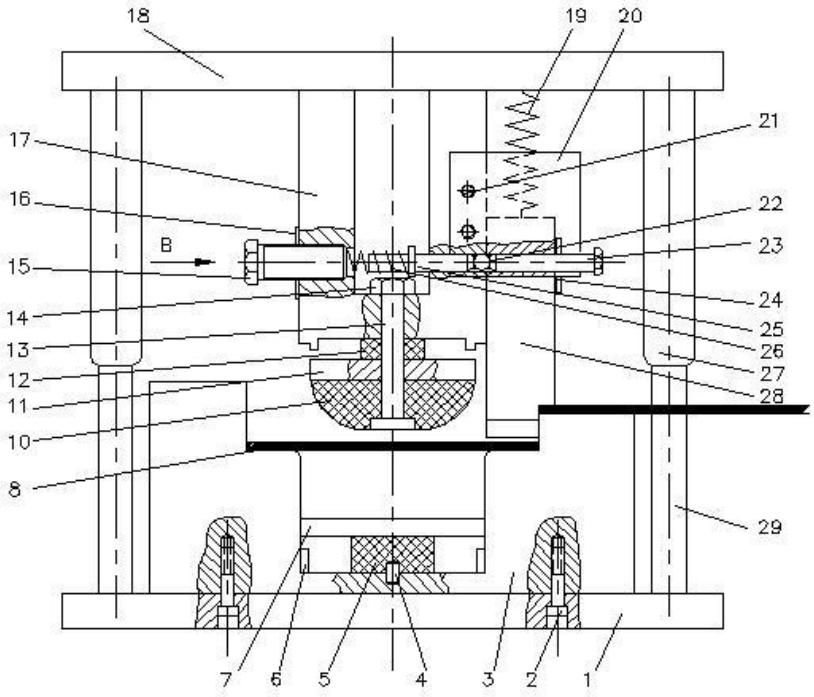

Рис. 1. Штамп для отрезки заготовки и стеснённого изгиба листовых деталей

скользит по поверхности ножа 28, смещая шток 25 и тем самым сжимая пружину 26. Так же сжимается пружина 19. При продолжении движения корпуса 17 вниз заготовка 8 изгибается в полуцилиндр до того момента, как опустится к выталкивателю 7, который начинает сжимать стержень 5, одновременно корпус 17 сжимает стержень 12, пока выступы на корпусе не упрутся в пуансонодержатель 11. Эластичный пуансон 10 при дальнейшем давлении на него деформируется, изгибая заготовку из полуцилиндрического в уголковое сечение. Выпрямление стенки заготовки и действие сил трения со стороны пуансона способствуют смещению материала заготовки в ее угловые участки. Окончательное деформирование заготовки производится уступами корпуса, которые передают усилие пресса на торцы изгибаемых полок. Стержень 5 сжимается не более чем на 30 %, дальнейшее сжатие ограничивают упоры 6, которые препятствуют движению выталкивателя вниз. При обратном ходе пружина 19 разжимается до исходного положения, опуская тем самым нож 28, ролик 22 западает в гнездо ножа.

Таким образом, сконструированный штамп позволяет за один ход пресса отрезать от полосы заготовку и осуществить стесненный изгиб полок детали. Предлагаемый штамп позволяет регулировать величину западания ролика в гнездо ножа, а также усилие поджатия пружины в соответствии с толщиной отрезаемого материала.

Так как процесс изготовления деталей в штампе осуществляется в два этапа, то есть вначале происходит отрезание заготовки, а затем – стеснённый изгиб, то и расчёт основных параметров также производится в два этапа.

Усилие отрезания заготовки можно рассчитать по формуле В. П. Романовского [4]:

$$P_0 = 0{,}5\frac{S^2}{tg\varphi}\sigma_{ср}, \qquad (1)$$

где S – толщина материала заготовки; φ – угол створа ножа в градусах (принимаемый $\varphi = 2\ldots6°$); $\sigma_{ср}$ – сопротивление материала срезу, которое определяется из зависимости

$$\sigma_{ср} = (0{,}8...0{,}86)\sigma_B, \qquad (2)$$

где σ_B – предел прочности материала заготовки.

Тогда формулу (1) можно записать:

$$P_0 = 0{,}4\frac{S^2}{tg\varphi}\sigma_B . \quad (3)$$

Силу пресса, необходимую для осуществления стеснённого изгиба, определяют из соотношения

$$P = P_З + P_П + P_C , \quad (4)$$

где $P_З$ - усилие, необходимое для стесненного изгиба заготовки; $P_П$ - усилие, необходимое для деформирования эластичного пуансона; P_C - усилие сжатия эластичного стержня.

Усилие, необходимое для стеснённого изгиба двух полок заготовки, определяется по формуле

$$P_З = 2KBS\sigma_B , \quad (5)$$

где B – ширина заготовки; K – коэффициент, учитывающий утолщение материала в зоне гиба, которое рекомендуется ограничивать 20 %, и преодоление сил трения полок заготовки.

Рекомендуется принимать K=1,5. Таким образом, формулу (5) можно записать:

$$P_З = 3BS\sigma_B . \quad (6)$$

Усилие, необходимое для деформирования эластичного пуансона, рассчитывается по формуле

$$P_П = F_П \cdot q_П , \quad (7)$$

где $F_П$ - площадь основания эластичного пуансона, определяемая через длину и ширину стенки детали, то есть

$$F_П = L \cdot B , \quad (8)$$

$q_Ï$ - давление, необходимое для деформирования пуансона, определяемое для резины марки 3826 по формуле

$$q_П = [1 + 0{,}05(T - 50)](30 + 7{,}5k)\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} , \quad (9)$$

для полиуретана марки СКУ - 7Л:

$$q_П = [1 + 0{,}05(T - 76)](90 + 7{,}5k)\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} , \quad (10)$$

где T – твёрдость эластомера по Шору А; k – коэффициент формы, равный отношению опорных и боковых поверхностей пуансона [5, 6]; ε - степень деформации пуансона по высоте.

Усилие сжатия резиновых и полиуретановых стержней можно определить аналогичным методом или по диаграмме и таблицам ГОСТ 22191 – 83 [7] и ГОСТ 22201 – 83 [8].

Так как процесс изготовления детали происходит в два этапа (вначале отрезка заготовки, а затем стесненный изгиб), то необходимое усилие пресса принимают по наибольшему значению, рассчитанному по формулам (3) и (4).

Для обеспечения качественного стеснённого изгиба с образованием утолщения материала в зоне радиуса гиба до 20 % при минимальных радиусах и углах пружинения необходимо, чтобы по всему сечению материала в зоне гиба были только сжимающие тангенциальные деформации и напряжения [9].

Так как при этом нейтральный слой гиба должен совпадать с наружной поверхностью заготовки, то её длину можно рассчитать по формуле

$$L = \sum l + \pi(r + S)\left(1 + \frac{S/2}{r + S/2}\right), \quad (11)$$

где $\sum l$ - суммарная длина прямолинейных участков заготовки; r – внутренний радиус гиба.

Установлено, что при таком условии величина внутреннего радиуса гиба близка к толщине материала. Тогда можно принять $r = S$, и формула (11) примет следующий вид:

$$L = \sum l + 8{,}4S . \quad (12)$$

Проведен теоретический анализ механизма передачи усилия пресса на нож для отрезки заготовки от полосы через подпружиненный ролик. Получена зависимость усилия ножа от силы пружины, действующей на

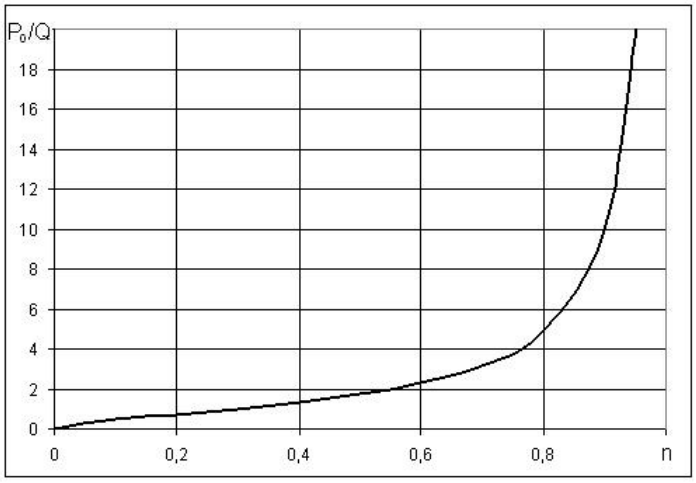

Рис. 2. Зависимость отношения усилия ножа к силе пружины, поджимающей ролик, от глубины его западания в гнезде ножа

ролик, радиуса ролика и его положения в гнезде ножа:

$$P_0 = Q\frac{\sqrt{2RH - H^2}}{R - H}, \qquad (13)$$

где Q – сила пружины, действующей на ролик; R – радиус ролика; H – величина западания ролика в гнездо ножа в долях радиуса R, то есть $H = n \cdot R$, где $0 \le n < 1$.

Тогда формулу (13) можно записать:

$$P_0 = Q\frac{\sqrt{2n - n^2}}{1 - n}. \qquad (14)$$

На рис. 2 показана зависимость отношения усилия ножа к силе пружины, поджимающей ролик, от глубины его западания в гнезде ножа. Анализ показывает, что с увеличением западания ролика в гнездо ножа усилие, передаваемое на нож через ролик, возрастает от нуля и неограниченно увеличивается.

Рассчитав по формуле (3) усилие отрезания заготовки, можно определить необходимую силу пружины поджатия ролика по формуле, полученной из выражения (14):

$$Q = \frac{P_0(1 - n)}{\sqrt{2n - n^2}}. \qquad (15)$$

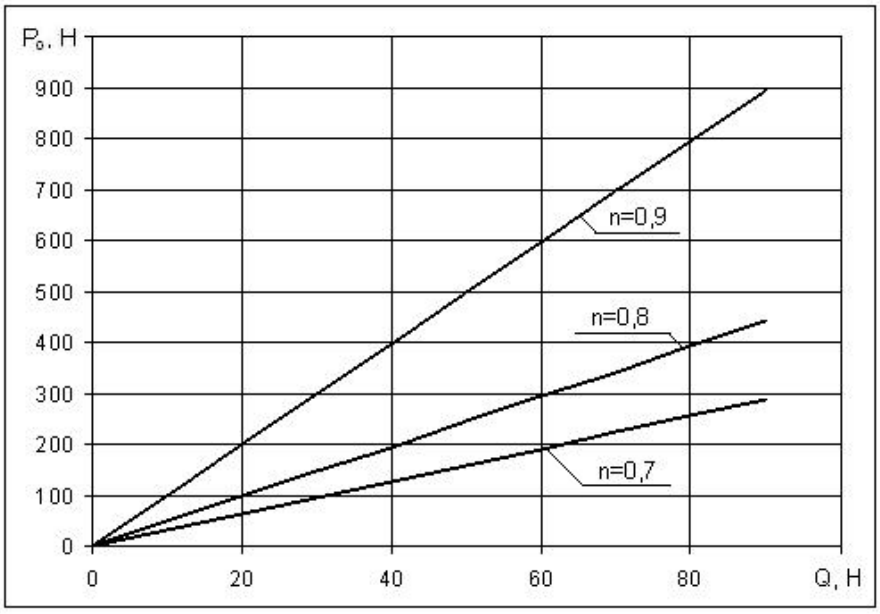

Рис. 3. Зависимость усилия ножа от силы пружины, поджимающей ролик, при различной глубине его западания в гнезде ножа

На рис. 3 показана зависимость усилия ножа от силы пружины для рекомендуемых величин западания ролика в гнездо ножа.

Оптимальную величину западания ролика в гнездо ножа можно определить по графикам, показанным на рис. 2.

Пример расчёта силы пружины.

Исходные данные: материал Д16АМ толщиной $S = 1$ мм, $\sigma_в = 200$ МПа.

По формуле (3) при $\varphi = 5^\circ$ получается $P_0 = 914$ Н.

Так как в штампе (рис. 1) ролик поджимается двумя пружинами, то каждая из них должна обеспечить усилие ножа по 457 Н.

По графикам (рис. 3) видно, что такое усилие ножа можно получить при силе $Q \approx (45...90)$ Н при глубине западания ролика $n \approx (0,9...0,8)\,R$ соответственно.

При изготовлении деталей из более прочных и толстых материалов можно устанавливать не две пружины, а три и более с увеличенными силами сжатия Q.

Также авторами разработана конструкция штампа с разъёмной матрицей, состоящей из двух частей, синхронно раздвигающихся и сдвигающихся по направляющим плиты с помощью винта, что позволяет штамповать заготовки разных поперечных размеров с большей производительностью за одну операцию [10].

Библиографический список

1. Комаров, А. Д. Штамп для стесненного изгиба листовых заготовок/ А. Д. Комаров, В. А. Барвинок, Е. В. Овчинникова и др. // КШП. - М.: Машиностроение, 2005. № 12. – С. 12-17.

2. Пат. 46954 Российская Федерация, B 21 D 22/10. Штамп для отрезки заготовки и изгиба листовых деталей / А. Д. Комаров, В. К. Моисеев, Е. В. Овчинникова и др.- № 2004138433/22; заявл. 27.12.2004; опубл. 10.08.2005, Бюл. №22. - 3 с.

3. Пат. 65797 Российская Федерация, B 21 D 22/10. Штамп для отрезки заготовки и стесненного изгиба листовых деталей/ А. Д. Комаров, Е. В. Овчинникова, И. С. Ткаченко.- № 2006136695/22; заявл. 16.10.2006; опубл. 27.08.2007; Бюл. № 24.- 5 с.

4. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке/ В. П. Романовский. - Л.: Машиностроение,1971. – 782 с.

5. Комаров, А. Д. Штамповка листовых и трубчатых деталей полиуретаном/ А. Д. Комаров. - Л.:ЛДНТП, 1976. - 36 с.

6. Панова, Л. П. Влияние строения уретановых эластомеров на рабочие свойства эластичной матрицы/ Л. П. Панова, Г. П. Орленко // Кузнечно-штамповочное производство. -1972. №6. - С. 26 – 28.

7. ГОСТ 22191 – 83. Буфера с резиновыми пружинами для штампов листовой штамповки // Сборник ГОСТов «Буфера и держатели буферов для штампов листовой штамповки». ГОСТ 22188 – 83 – ГОСТ 22202 – 83. - М.: Издательство стандартов. 1983. – 104 с.

8. ГОСТ 22201 – 83 Пружины полиуретановые для штампов листовой штамповки // Сборник ГОСТов «Буфера и держатели буферов для штампов листовой штамповки». ГОСТ 22188 – 83 – ГОСТ 22202 – 83. - М.: Издательство стандартов. 1983. – 104 с.

9. Комаров, А. Д. Исследование пружинения прямолинейных бортов при стесненном изгибе листовых заготовок эластичной средой/ А. Д. Комаров, В. А. Барвинок, А. В. Соколова, А. А. Шаров// Кузнечно-штамповочное производство.- 1998. № 12. - С. 8 – 11.

10. Пат. 64115 РФ, B 21 D 22/10. Штамп для изгиба листовых деталей/ А. Д. Комаров, В. К. Моисеев, А. Ю. Костенюк, Е. В. Овчинникова. - № 2006141265/22; заявл. 21.11.2006; опубл. 27.06.2007; Бюл. № 18. - 4 с.

References

1. Komarov, A. D. A die for compressed bending of sheet articles / A. D. Komarov, V. A. Barvinok, Ye. V. Ovtchinnikova et al. // Kuznetchnoshtampovotchnoye proizvodstvo.-Moscow: Machinostroyeniye, 2005. – No. 12. – pp. 12-17.

2. Pat. 46954 Russian Federation, B 21 D 22/10. Die for cutting off blanks and sheet article bending / A. D. Komarov, V. K. Moiseyev, Ye. V. Ovtchinnikova et al. – No. 2004138433/22; appl. 27.12.2004; publ. 10.08.2005, Bul. No. 22. – 3 pp.

3. Pat. 65797 Russian Federation, B 21 D 22/10. Die for cutting off blanks and compressed bending of sheet articles / A. D. Ko-marov, Ye. V. Ovtchinnikova, I. S. Tkatchenko. – No. 2006136695/22; appl. 16.10.2006; publ. 27.08.2007, Bul. No. 24. – 5 pp.

4. Romanovsky, V. P. Reference book on cold stamping / V. P. Romanovsky.-Leningrad: Machinostroyeniye, 1971 – 782 pp.

5. Komarov, A. D. Stamping of sheet and tubular articles by polyurethane / A. D. Ko-marov. - Leningrad: LDNTP, 1976. – 36 pp.

6. Panova, L. P. Impact of urethane elastomer structure on the working properties of an elastic die / L. P. Panova, G. P. Orlenko // Press forging. – 1972. – No. 6. – pp. 26 – 28.

7. GOST 22191 – 83. Buffers with rubber springs for sheet presswork dies // Collection of GOSTs (State Standards) "Buffers and buffer holders for sheet presswork dies" GOST 22188 – 83 – GOST 22202 – 83. – Moscow: Izdatelstvo standartov. 1983. – 104 pp.

8. GOST 22201 – 83. Polyurethane springs for sheet presswork dies // Collection of GOSTs (State Standards) "Buffers and buffer holders for sheet presswork dies" GOST 22188 – 83 – GOST 22202 – 83. – Moscow: Izdatelstvo standartov. 1983. – 104 pp.

9. Komarov, A. D. Analysis of rectilinear boards spring back under compressed bending of sheet articles by elastic medium / A. D. Komarov, V. A. Barvinok, A. V. Sokolova, A. A. Sharov // Press forging. – 1998. – No. 12. – pp. 8 – 11.

10. Patent 64115 Russian Federation, B 21 D 22/10. Die for sheet article bending / A. D. Komarov, V. K. Moiseyev, A. Yu. Kostenyuk, Ye. V. Ovtchinnikova. No. 2006141265/22; appl. 21.11.2006; publ. 27.06.2007, Bul. No. 18. – 4 pp.

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF COMPRESSED BENDING PROCESS IN A DIE WITH AN ELASTIC PUNCH

© 2009 A. D. Komarov, Ye. V. Yeskina, N. Yu. Ponikarova

Samara State Aerospace University

A die design has been developed for compressed bending of sheet articles and cutting blanks off a strip in one stroke of the press. The die provides increased thickness of material in the bending area, reduction of the radius of bending and spring back, which improves the strength, rigidity, quality and life of the articles as well as labour productivity. The procedure for calculating the basic parameters of article production process is given. The die design has been patented.

Compressed bending, die design, elastic punch, spring back, increased thickness of material.

Информация об авторах

Комаров Анатолий Дмитриевич, профессор кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении, кандидат технических наук, профессор, Самарский государственный аэрокосмический университет. Область научных интересов: процессы формообразования методом штамповки полиуретаном.

Еськина Елена Владимировна, ассистент кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении, Самарский государственный аэрокосмический университет. Область научных интересов: штамповка полиуретаном; повышение качества деталей, получаемых гибкой.

Поникарова Наталья Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики, Самарский государственный аэрокосмический университет. Область научных интересов: технологические процессы изготовления деталей из композиционных материалов, процессы формообразования.

Komarov Anatoly Dmitrievitch, professor of the department of Aircraft Construction and Quality Management in Mechanical Engineering, candidate of technical science, professor. Area of research: shaping process using the method of stamping by polyurethane.

Yeskina Yelena Vladimirovna, assistant of the department of Aircraft Construction and Quality Management in Mechanical Engineering. Area of research: stamping by polyurethane, improving the quality of parts produced by bending.

Ponikarova Natalya Yuryevna, associate professor of the department of higher mathematics, SSAU, candidate of technical science. Area of research: technological processes of making parts of composite materials, processes of shaping.