

УДК 621.7

Е.А. ФРОЛОВ¹, В.В. КУХАРЬ², О.В. БОНДАРЬ¹¹ Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, Украина² ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОПЕРАЦИИ ПРАВКИ НА ТОЧНОСТЬ ПОКОВОК

В статье приведены результаты исследований влияния технологической операции правки на точность получаемых низких осесимметричных точных поковок для дальнейшего выполнения операций резанием. С помощью метода линий скольжения были теоретически рассчитаны и экспериментально проверены аналитические зависимости для определения фактического припуска на механическую обработку после проведения операции правки поковок. Также получены значения поправочных коэффициентов для определения величины припуска в зависимости от относительной толщины обрабатываемой заготовки.

Ключевые слова: холодная объемная штамповка, правка, осесимметричная поковка, метод линий скольжения, припуск на механическую обработку.

Введение

Процессы холодной объемной штамповки позволяют получать более точные заготовки взамен таких операций как литье или горячая штамповка. При этом достигается значительная экономия металла под дальнейшую механообработку, а также увеличивается прочность металла вследствие деформационного объемного упрочнения. Особо это касается деталей крепления силовых узлов и элементов в конструкции различной аэрокосмической техники из таких материалов как улучшенные стали марки 30ХГСА, нержавеющей стали и хромоникелевые сплавы [1].

1. Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций

Анализ последних исследований показал, что ранее проведенные исследования касались получения точных, в основном, высоких и средних осесимметричных поковок [2–4].

Цель данной статьи — исследование и определение факторов влияния операций правки на точность получения низких осесимметричных поковок в холодном состоянии.

2. Основная часть

Низкие осесимметричные поковки получают без уклонов правкой штампованных заготовок с развернутым поперечным сечением [1]. В процессе

правки изменяются размеры и форма заготовки, что влияет на точность поковок. Наибольшее влияние оказывает смятие кромок поковки, происходящее в начальный момент правки, когда усилие приложено к небольшой части поверхности заготовки (рис. 1).

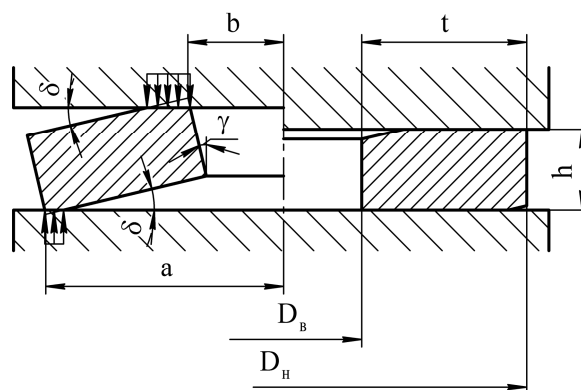


Рис. 1. Схема правки

Для определения фактического припуска на механическую обработку определим величину смятия l и максимальную ширину площадки смятия f (рис. 2).

Примем следующие допущения:

1. Материал поковки не упрочняется.
2. Деформированное состояние плоское, тангенциальная деформация отсутствует.
3. Касательные напряжения на контактной поверхности постоянны и равны

$$\tau_k = 2\mu k, \quad (1)$$

где μ — коэффициент трения;

k — постоянная пластичности.

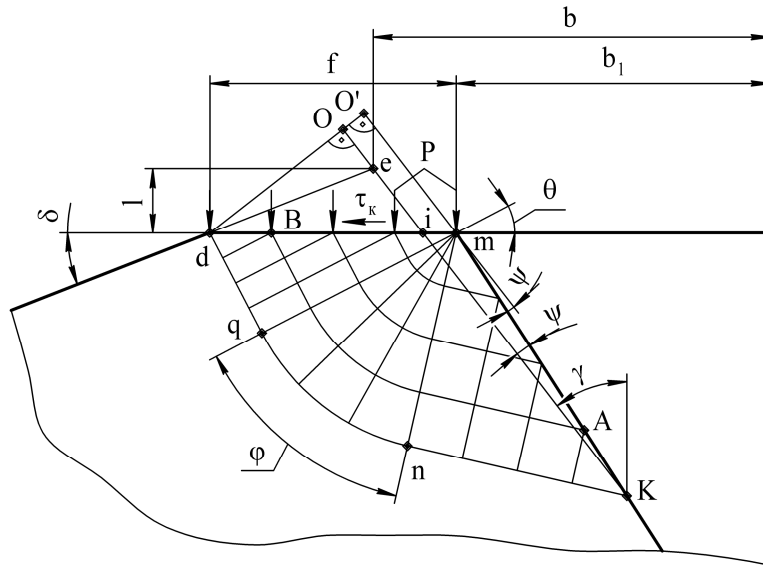


Рис. 2. Поле линий скольжения при смятии кромки

Для решения используем метод линий скольжения. При усилии смятия, равном P , ширина контактной площадки

$$f = \frac{P}{2\pi bk(1 + \sqrt{1 - 4\mu + 2\phi})}, \quad (2)$$

где ϕ – угол поворота линии скольжения;

b – расстояние от внутренней кромки до оси симметрии.

Здесь принято, что площадь F_1 поверхности смятия приближенно равна

$$F_1 = 2\pi bf. \quad (3)$$

Угол ϕ определим из уравнений, приведенных в работе [2], с учетом неравенства углов δ и γ (рис. 2). Конечное выражение, позволяющее определить угол ϕ , имеет вид

$$\begin{aligned} & \sin \delta \left\{ \cos \gamma - \frac{\sqrt{2}}{2} \left[(1 + 2\mu) \sin(45 + \gamma - \phi) - \right. \right. \\ & \left. \left. - \sqrt{1 - 4\mu^2} \sin(45 - \gamma + \phi) \right] \right\}^2 = \\ & = \cos(\gamma - \delta) \frac{1 + 2\mu}{2} \left[\sqrt{1 - 4\mu^2} \sin(45 + \gamma - \phi) - \right. \\ & \left. - (1 - 2\mu) \sin(45 - \gamma + \phi) \right]. \end{aligned} \quad (4)$$

Анализ полученного на ЭВМ решения уравнения (4) показывает, что на величину ϕ наиболее сильно влияют размеры поковки и коэффициент трения. Тогда можно записать

$$\phi = m_0 \mu^2 + m_1 \mu, \quad (5)$$

где m_0, m_1 – коэффициенты.

Зависимости коэффициентов m_0 и m_1 от размеров поковки представлены графиками на рис. 3.

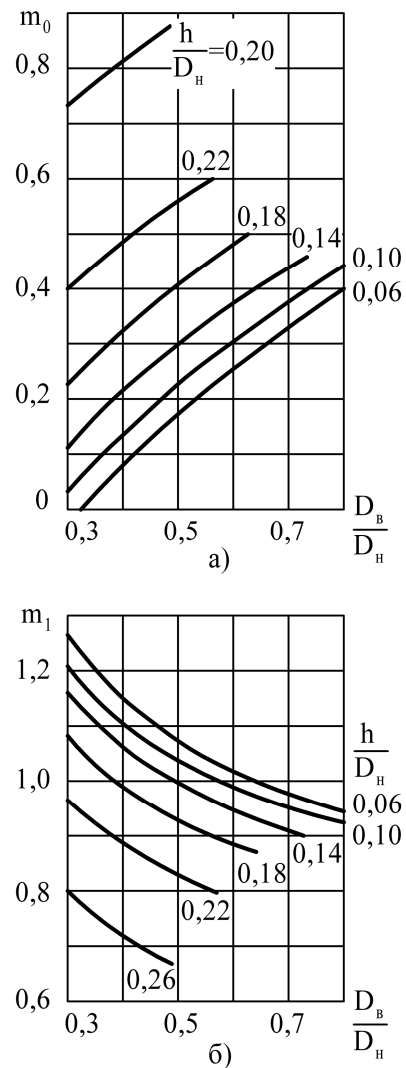


Рис. 3. Влияние размеров поковки на коэффициенты m_0 (а) и m_1 (б)

Смятие кромок прекратится, как только усилие смятия достигнет величины, необходимой для поворота сечения поковки.

$$P = P_{\text{пр}}. \quad (6)$$

Для определения $P_{\text{пр}}$ воспользуемся формулой (3)

$$P_{\text{пр}} = 0,55\pi\sigma_s h^2 \frac{a-b}{a-b-\mu h}, \quad (7)$$

где a и b – расстояния от наружной и внутренней кромки заготовки до оси симметрии.

Совместное решение (2) и (7) при замене размеров a и b штампованной заготовки на размеры $D_{\text{н}}$ и $D_{\text{в}}$ поковки позволит определить площадку смятия

$$f = \frac{1,1h^2(D_{\text{н}} - D_{\text{в}})}{D_{\text{в}}(D_{\text{н}} - D_{\text{в}} - \mu h)(1 - \sqrt{1 - 4\mu^2} + 2\varphi)}. \quad (8)$$

Величина смятия l из геометрии поля линий скольжения (рис. 2)

$$l = f \sin \delta \frac{\cos \gamma - \sqrt{0,5 - \mu}}{\cos(\gamma - \delta)} \times \frac{\sqrt{1 - 2\mu} \cdot [\sin(45 + \gamma + \varphi) - \sin(45 - \gamma + \varphi)]}{1}. \quad (9)$$

Для области применения процесса правки ($h/D_{\text{н}} \leq 0,25$, $h/t \leq 1$) выражение (9) можно записать

$$l \approx 0,84f \sin \delta. \quad (10)$$

Наибольшая ошибка при упрощении имеет место при малых значениях $D_{\text{в}} : D_{\text{н}}$ и $h : D_{\text{н}}$ и составляет $\pm 8\%$.

Экспериментальная проверка формулы (10) показывает, что расчетные и опытные значения величины смятия к моменту начала правки (поворота сечения) удовлетворительно совпадают.

В процессе правки толщина поковки в зоне внутренней кромки увеличивается и частично компенсирует уменьшение толщины (утонение), вызванное смятием. Поэтому, при определении фактического припуска на механическую обработку, значения l , полученные по выражению (10), следует умножить на поправочный коэффициент k_c , значения которого определены экспериментально и приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения коэффициента k_c

$h : D_{\text{н}}$	$D_{\text{в}} : D_{\text{н}}$					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0,05	0,79	0,84	0,89	0,94	0,99	1,04
0,10	0,72	0,78	0,83	0,88	0,94	0,99
0,15	0,65	0,71	0,71	0,83	0,89	–
0,20	0,58	0,64	0,71	0,78	–	–
0,25	0,51	0,58	0,65	–	–	–

Для мелких поковок с наружным диаметром менее 100 мм и массой до 1 кг утонение не превышает половины допуска на механическую обработку (рис. 4). Для более крупных поковок соотношение между утонением и припуском изменяется.

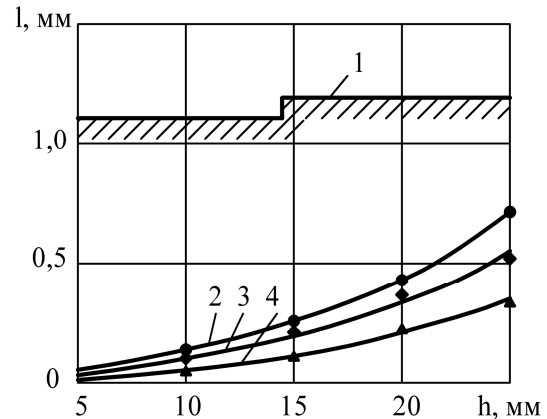


Рис. 4. Зависимость утонения внутренней кромки от толщины поковки:

1 – одностронний припуск; 2, 3, 4 – значения утонения внутренней кромки поковки соответственно при $\beta = 3^\circ, 5^\circ, 7^\circ$; $D_{\text{ср}} = 88$ мм; $t = 30$ мм; $T_{\text{деф}} = 850 \pm 10$ °С, сталь 45

С увеличением размеров и массы поковки увеличение припуска отстает от увеличения утонения, поэтому утонение, вызванное смятием, может превысить половину припуска. Смятие кромки можно устранить, если на правочном инструменте, в месте контакта его с кромкой заготовки, назначить наклонную площадку шириной t .

Заключение

В работе на основании теоретических и экспериментальных исследований получены зависимости для определения фактического припуска на механическую обработку после проведения операции правки кованых низких осесимметричных заготовок в холодном состоянии.

Литература

1. Заготівельно-обробні технології у виробництві аерокосмічних літальних апаратів [Текст] : навч. посібник / Г. Ф. Арістов, О. В. Гайдачук, В. М. Корбін та ін. ; за ред. В. М. Кобріна. – Х. : К. : Нац. аерокосм. ун-т : Укр. наук.-дослід. ін-т авіац. технології, 1999. – Ч. 1. – 220 с.
2. Черных, М. М. Область применения процесса правки при малоотходной штамповке [Текст] / М. М. Черных, Ф. Д. Бичукин // Исследование машин

и технологии КШП: сб. науч. тр. Челябинского техн. ин-та. – Челябинск, 1977. – С. 23–27.

3. Ковка и штамповка [Текст] : справ. : в 4-х томах – М.: Машиностроение. – Т. 3: Холодная объемная штамповка / М. Г. Амиров, Е. Г. Белков,

К. Н. Богоявленский; под ред. Г.А. Навроцкого. – 1987. – 384 с.

4. Євстратов, В. О. Сучасні технології точного об'ємного штампування [Текст] / В. О. Євстратов // Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. НТУ «ХП». – 2012. – Вип. 46 (952). – С. 33–40.

Поступила в редакцію 24.02.2014, рассмотрена на редколлегии 12.03.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры интегрированных технологий и сварочного производства А. Я. Мовшович, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОПЕРАЦІЇ ПРАВКИ НА ТОЧНІСТЬ ПОКОВОК

Є. А. Фролов, В. В. Кухар, О. В. Бондар

У статті наведено результати досліджень впливу технологічної операції правки на точність отримуваних низьких вісесиметричних точних поковок для подальшого виконання операцій різанням. За допомогою методу ліній ковзання було теоретично розраховано й експериментально перевірено аналітичні залежності для визначення фактичного припуску на механічну обробку після проведення операції правки поковок. Також отримано значення поправочних коефіцієнтів для визначення величини припуску в залежності від відносної товщини заготовки, що обробляється.

Ключові слова: холодне об'ємне штампування, правка, вісесиметрична поковка, метод ліній ковзання, припуск на механічну обробку.

RESEARCH OF INFLUENCE OF THE OPERATION OF CORRECTION ON EXACTNESS OF FORGINGS

Ye. A. Frolov, V. V. Kukhar, O. V. Bondar

In the article are driven the results of researches of influence of technological operation of correction on exactness of got subzero axisymmetrical accurate forgings for further implementation of cutting operations. By means of the method of skidding lines were in theory expected and analytical dependences are experimentally tested for determination of actual allowance on mechanical tooling after realization of the operation of correction of forgings. The values of correction coefficients are also got for determination of size of allowance depending on the relative thickness of the processed purveyance.

Keywords: cold by volume stamping, correction, axisymmetrical forging, method of skidding lines, allowance on mechanical tooling.

Фролов Евгений Андреевич – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения, Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, Полтава, Украина.

Кухарь Владимир Валентинович – д-р техн. наук, проф. кафедры кузнечно-штамповочного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь, Украина, e-mail: kvv_mariupol@mail.ru.

Бондарь Олег Валентинович – аспирант кафедры технологии машиностроения, Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, Полтава, Украина, e-mail: kaftechmash@inbox.ru.