

РАЗДЕЛ V ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.6

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ОТКРЫТОГО МОЛОТОВОГО ШТАМПА С РАСШИРЯЮЩИМСЯ МОСТИКОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2020 Хаймович И.Н.^{1,2}, Елистратов Д.А.²

¹Самарский университет государственного управления
«Международный институт рынка», г. Самара, Россия

²Самарский университет, г. Самара, Россия

В статье рассматривается разработка методики расчета размеров расширяющейся заусенечной канавки открытого штампа и экспериментальная проверка стойкости штампа с такой канавкой в производственных условиях.

Ключевые слова: открытый молотовый штамп, заусенечная канавка, многофакторная модель, информационные технологии.

Важным направлением развития кузнечно-штамповочного производства является повышение стойкости технологической оснастки при штамповке жаропрочных и нержавеющей сталей, титановых сплавов и других труднодеформируемых сплавов с использованием математического моделирования и информационных технологий [4 - 6]. Стойкость открытых штампов небольшая и составляет 800-1000 штук.

Большое влияние на стойкость открытого штампа оказывает форма и размеры мостика заусенечной канавки [1, 2]. Являясь регулятором давления в полости штампа, заусенечная канавка работает в очень тяжелых условиях: большие нормальные и касательные напряжения, высокая температура поверхности. Это приводит к значительному смятию и истиранию поверхности мостика [3, 7].

Большие напряжения, которые создает заусенечная канавка в полости штампа, особенно на стадии доштамповки, оказывают сильное влияние на износ гравюры штампа и снижение его общей стойкости.

В настоящее время широкое распространение получили открытые

штампы с параллельным мостиком. Проектирование таких штампов ведется по проверенным методикам. Однако полученные размеры мостиков не всегда обеспечивают достаточно высокую стойкость штампов. Особенно заметно снижение стойкости штампов, вызванное завышенным сопротивлением мостика при изготовлении простых поковок, не имеющих сложных полостей, заполняемых выдавливанием.

Рассмотрим штамповку детали, которая ведется из предварительно проточенной заготовки диаметром 15 мм и длиной 72 мм (рис. 1). Конфигурация поковки простая, поэтому при заполнении штампа не требуется больших напряжений со стороны мостика заусенечной канавки. На производстве для штамповки этой детали используется открытый штамп с заусенечной канавкой, имеющей параллельный мостик шириной 5 мм и толщиной 0,6 мм. Из сравнения размеров заготовки и поковки видно, что заполнение штампа происходит в самом начале процесса (особенно стержневой части поковки). Последующее смыкание штампов приводит лишь к вытеснению лишнего металла в заусенечную канавку, то есть к доштамповке.

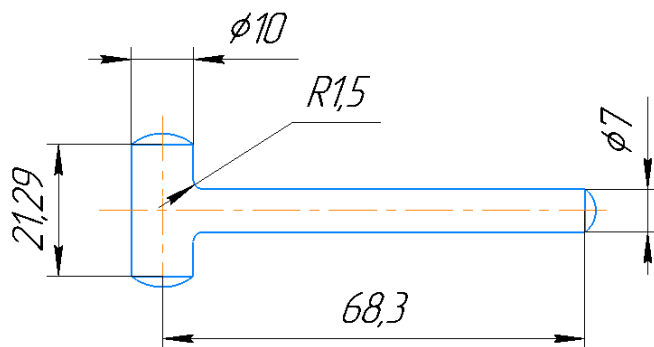


Рисунок 1 – Чертеж поковки болта

Такие условия работы штампа отрицательно сказываются на его стойкости. Наблюдения показали, что после штамповки 800-900 штук деталей износ штампа превышает допустимые нормы.

Развитая стадия доштамповки, характерная для заполнения этого штампа, требует применения заусенечной канавки с минимальным сопротивлением. Этому условию лучше всего удовлетворяет канавка с расширяющимся мостиком. Однако стойкость такой канавки исследована недостаточно полно.

В экспериментальном штампе было отштамповано 2000 шт. поковок. Износ штампа изучался путем обмера поперечного сечения поковки вместе с заусенцем. Для этого через каждые сто поковок отбиралась одна поковка без обрезки заусенца для измерений. Каждая контрольная поковка разрезалась на фрезерном станке поперек стержня на расстоянии 35 мм от головки. По месту разреза делался поперечный макрошлиф. Вид контрольной поковки болта представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Вид контрольных поковок с поперечным размером

Предварительное измерение поперечных сечений контрольных поковок показало, что износ штампа после изготовления 2000 шт. поковок небольшой. Несколько быстрее увеличивается толщина мостика в месте его перехода к гравюре штампа. Оценку износа штампа проводили по двум показателям:

1. Интегральный износ, то есть увеличение площади поперечных сечений контрольных поковок.
2. Увеличение минимальной толщины мостика заусенечной канавки.

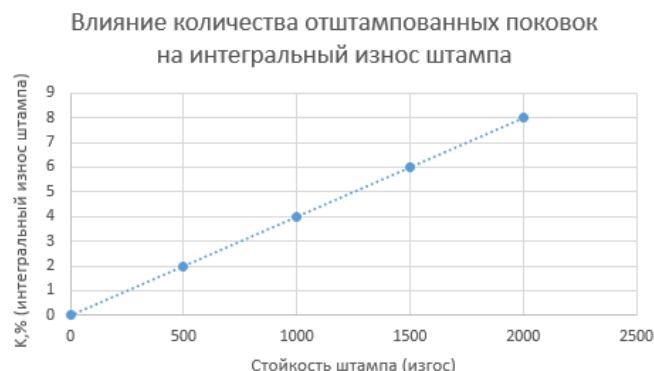


Рисунок 3 – Влияние количества отштампованных поковок на интегральный износ штампа

Из графика на рисунке 3 видно, что износ штампа происходит равномерно до 1500÷1600 шт. деталей и несколько ускоряется в интервале 1600...2000 шт. Общая величина износа

небольшая даже после изготовления 2000 шт. деталей. Результаты измерений для 15 контрольных поковок представлены на рисунке 4.

№ детали	D(мм)	ΔD (мм)	h ₁ (мм)	h ₂ (мм)	h _{ср} (мм)	h _i (мм)	S (мм)	S · h _i
1	7,275	0,275	1,59	1,605	1,597	1,322	100	132,2
2	7,215	0,215	1,58	1,515	1,547	1,332	200	266,4
4	7,15	0,15	1,41	1,505	1,457	1,307	400	522,8
5	7,215	0,215	1,63	1,54	1,58	1,365	500	682,5
6	7,18	0,18	1,53	1,515	1,522	1,342	600	805,2
7	7,18	0,18	1,575	1,56	1,567	1,387	700	970,9
9	7,18	0,18	1,55	1,54	1,545	1,365	900	1228,5
10	7,29	0,29	1,595	1,55	1,572	1,282	1000	1282
1'	7,0	0	1,39	1,405	1,397	1,397	1100	1536,7
2'	7,08	0,08	1,62	1,33	1,47	1,39	1200	1668
4'	7,21	0,21	1,53	1,54	1,535	1,325	1400	1855
6'	7,20	0,20	1,57	1,63	1,6	1,4	1600	2440
7'	7,10	0,10	1,64	1,54	1,59	1,49	1700	2533
9'	7,18	0,18	1,645	1,645	1,645	1,465	1900	2783,5
10'	7,16	0,16	1,68	1,605	1,642	1,482	2000	2964

Рисунок 4 - Результаты измерения минимальной толщины заусенца

Для формирования математической зависимости величины мостика заусенечной канавки штампа от количества изготовленных заготовок на предприятии применяется метод наименьших квадратов.

Наилучшим приближением к эксперименту будет такая функциональная зависимость, когда сумма квадратов расстояний будет минимальна. Положим, что эта функциональная зависимость – уравнение прямой (1):

$$y = ax + b. \quad (1)$$

Таким образом, применяя метод наименьших квадратов, получим:

$$S = \sum_{i=1}^n (ax_i + b - y_i)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

где x_i, y_i – координаты экспериментальных точек; a, b – расчетные коэффициенты.

Функция принимает минимальное значение, когда ее производные равны 0:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0; \quad \frac{\partial S}{\partial b} = 0.$$

Найдем частные производные:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial a} &= 2[\sum_{i=1}^n (ax_i + b - y_i)x_i] = 0; \\ a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n x_i y_i &= 0; \\ \frac{\partial S}{\partial b} &= 2(\sum_{i=1}^n (ax_i + b - y_i)) = 0; \\ a \sum_{i=1}^n x_i + nb - \sum_{i=1}^n y_i &= 0. \end{aligned}$$

Можно записать систему уравнений:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i + nb - \sum_{i=1}^n y_i = 0 \\ a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n x_i y_i = 0 \end{cases}$$

Учитывая, что $n=15$ получим:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{15} y_i - a \sum_{i=1}^{15} x_i}{15};$$

$$a = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{15} y_i}{15} \cdot \sum_{i=1}^{15} x_i y_i + \sum_{i=1}^{15} x_i y_i}{\sum_{i=1}^{15} x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{15} x_i)^2}{15}}.$$

При расчете коэффициентов a и b необходимо учесть, что в рассматриваемом случае:

$$x_i = \varphi_i, ay_i = h_i$$

$$\left(\sum_{i=1}^{15} x_i\right)^2 = 234090000;$$

$$\sum_{i=1}^{15} x_i^2 = 20790000.$$

В итоге получим:

$$a = 7,84 \cdot 10^{-5}; b = 1,297.$$

Результаты экспериментов могут быть описаны следующей зависимостью:

$$h_i = 7,84 \cdot 10^{-5} \cdot S + 1,297, \quad (3)$$

где h_i – минимальная толщина расширяющегося мостика; S – количество отштампованных деталей.

Аналогичное исследование можно провести с использованием пакета Excel для разных видов аппроксимации (рис. 5).

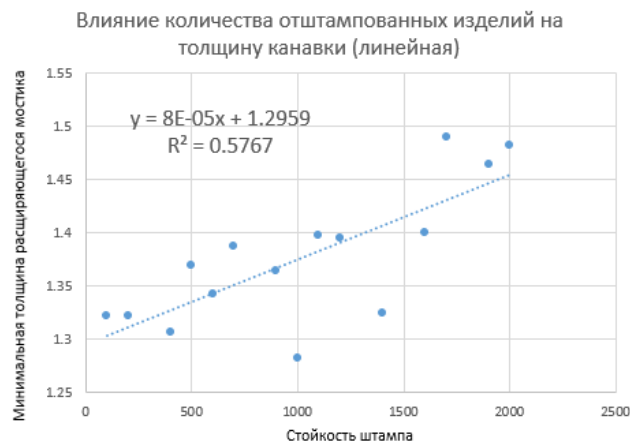


Рисунок 5 - Влияние количества отштампованных изделий на минимальную толщину изделий канавки (линейная зависимость)

Вывод: модель, рассчитанная по заводской методике и модель, рассчитанная с помощью линейной аппроксимации Excel, совпадают. Они показывают, что с ростом количества отштампованных поковок увеличивается толщина мостика заусенечной канавки. Параметр достоверности составляет

0,57. Согласно рисунку 6 коэффициент корреляции при $\alpha = 0,05$ не должен быть меньше $R^{кр}$, который для 15 экспериментов равен 0,514, следовательно, модель адекватна.

$f = N - 2$	$R^{кр}$	$f = N - 2$	$R^{кр}$	$f = N - 2$	$R^{кр}$
1	0,997	9	0,602	17	0,456
2	0,950	10	0,576	18	0,444
3	0,878	11	0,553	19	0,433
4	0,811	12	0,532	20	0,423
5	0,754	13	0,514	30	0,349
6	0,707	14	0,497	50	0,273
7	0,606	15	0,482	100	0,195
8	0,632	16	0,486		

Рисунок 6 - Критические значения коэффициента корреляции

Рассмотрим модель связи стойкости с остальными параметрами мостика заусенечной канавки (рис.4):

$$S = f(D_1, D_2, h_1, h_2, h_{cp}, h, S \cdot h_i),$$

где h_i – минимальная толщина расширяющегося мостика; S – количество отштампованных деталей; h_1, h_2 - высоты мостика; D – диаметр заготовки.

После моделирования в системе Excel получаем следующую многофакторную модель, состоящую из параметров модели:

$$S = 0,7 \cdot h_i \cdot S + 0 \cdot h_i + 0 \cdot h_{cp} + (-632) \cdot h_2 + (-538) \cdot h_1 + 0 \cdot \Delta D + 1043 \cdot D + (-5697).$$

Вывод: стойкость штампа зависит сильнее всего от отклонений диаметра заготовки при штамповке, зависит от входной и выходной толщин заусенца, а также от совместного влияния стойкости и толщины заусенца, то есть стойкость штампа зависит от геометрии

заусенечной канавки. С увеличением разности диаметра от эталона стойкость увеличится. С увеличением толщины входной заусенечной канавки на входе и выходе стойкость штампа уменьшается. Совместное влияние стойкости и толщины увеличивает стойкость штампа.

Обобщив, можно сделать вывод о том, что для исходной детали (рис.1) целесообразнее использовать сужающийся мостик заусенечной канавки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гречников Ф.В., Ненашев В.Ю., Хаймович И.Н. Управление технологической подготовкой производства компрессорных лопаток на основе интегрирования автоматизированного проектирования и инженерного анализа//Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. - 2008. - № 6. - С. 42-46.
2. Поковки стальные, штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.– М., 1990. – 52с.
3. Семенов Е.И. Ковка и штамповка. Материалы и нагрев. Оборудование и ковка. - М., «Машиностроение», 1985. – 567с.
4. Согришин Ю.П., Гришин Л.Г., Воробьев В.М. Штамповка на высокоскоростных молотах.– М., «Машиностроение», 1978. – 254с.
5. Хаймович И.Н. Автоматизация проектирования объектов заготовительно-штамповочного производства компрессорных лопаток авиационных двигателей//Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. - 2014. - № 2. - С.44-48.
6. Хаймович И.Н., Хаймович А.И. Рационализация организации производства машиностроительного предприятия на основе реинжиниринга//Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева. - 2006. - №3 (11). - С. 53-57.
7. Хаймович А.И., Хаймович И.Н. Исследование динамических характеристик формообразования при штамповке на молотах с высокими скоростями//В сборнике трудов 3-й Международной научно-технической конференции: «Металлофизика, механика материалов, наноструктур и процессов деформирования. Металлдеформ - 2009. МЕТАЛЛДЕФОРМ – 2009», Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева, Волжский филиал института металлургии и материаловедения им.А.А.Байкова РАН. 2009. - С. 290-296.

RESEARCH OF FIRMNESS OF OPEN-DIE WITH EXPANDING BURR GROOVE USING INFORMATION TECHNOLOGY

© 2020 Irina N. Khaimovich^{1,2}, Danil A. Elistratov²

¹Samara University of Public Administration
"International Market Institute", Samara, Russia

²Samara University, Samara, Russia

The article discusses the concept developing methods of size calculation of expanding burr groove of open die and an experimental check of die resistance with that groove in production conditions.

Keywords: open die, burr groove, forging, drop-forging, multifactor model.