

УДК 621.7

Практические рекомендации по совершенствованию технологических процессов гибки ответственных деталей авиационной техники на листоштамповочных молотах

Шагалеев Руслан Ринатович^(*) ruslanshag@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Разработаны практические рекомендации по совершенствованию технологических процессов гибки ответственных деталей авиационной техники из цветных сплавов и стали на листоштамповочных молотах, путем использования бабы молота с наполнителем в виде стальных шариков, применение которой увеличивает продолжительность взаимодействия инструмента и заготовки и уменьшает угол пружинения в 4–5 раз по сравнению с гибкой применением стандартной бабы молота.

Ключевые слова: листовая штамповка, одноугловая гибка, упругое пружинение, листоштамповочный молот, баба молота с наполнителем, цветные сплавы

Practical recommendations for improving the technological processes of bending critical parts of aircraft equipment on sheet metal stamping hammers

Shagaleev Ruslan Rinatovich^(*) ruslanshag@mail.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. Practical recommendations for improving technological processes for bending critical parts of aircraft equipment made of non-ferrous alloys and steel on sheet-metal stamping hammers by using a hammer ram with a filler in the form of steel balls have been developed, the use of which increases the duration of interaction between the tool and the workpiece and reduces the springback angle by 4–5 times compared to the use of a standard hammer ram.

Keywords: sheet metal stamping, single-angle bending, elastic springback, sheet metal stamping hammer, hammer head with filler, non-ferrous alloys

Введение. В современной авиационной промышленности изготавливается широкая номенклатура деталей летательных аппаратов из листового металла толщиной от 0,25 до 3,5 мм и из различных материалов (углеродистые и коррозионностойкие стали, алюминиевые, магниевые и титановые сплавы). Основным методом изготовления является, штамповка на листоштамповочных молотах с использованием свинцово-цинковых штампов, главным преимуществом которых является низкая себестоимость и высокая скорость их изготовления, что позволяет применять листовую штамповку в условиях мелко-

и среднесерийного производства, без использования дорогостоящих инструментальных штампов

Основными недостатками листоштамповочных молотов является низкий КПД ударного деформирования заготовки и низкая точность изготавливаемых деталей вследствие их упругого пружинения, которое устраняют обычно ручной доводкой, что ухудшает качество поверхности детали и увеличивает трудоемкость.

Использование бабы молота с наполнителем позволяет повысить размерную точность изготавливаемых деталей путем увеличения продолжительности ударного взаимодействия инструмента и заготовки путем удержания падающих частей молота в нижней точке при ударе [1–4]. Это позволяет значительно уменьшить количество штамповочных операций, а также правочных операций для повышения геометрической точности деталей.

С использованием полученных экспериментальных данных было проведено совершенствование технологического процесса гибки детали «Зашивка» на листоштамповочном молоте модели МЛ-1,5 с массой падающих частей 1500 кг (по данным филиала ПАО «ОАК» – НАЗ «Сокол», Нижний Новгород).

Был проведен расчет параметров бабы листоштамповочного молота модели МЛ-1,5 с массой падающих частей 1500 кг (масса бабы молота $m_{\text{бабы}} = 1295$ кг), при этом были приняты отношение массы шариков к массе бабы молота $K_M = 0,1$ и отношение массы одного шарика к массе бабы молота $K_{1M} = 3 \cdot 10^{-6}$:

- масса шариков $m_{\text{шар}} = K_M m_{\text{бабы}} = 129,5$ кг;
- диаметр одного шарика $d_{1\text{шар}} = 10 \text{ мм} = 0,01$ м;
- объем одного шарика $V_{1\text{шар}} = 0,52 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$;
- масса одного шарика $m_{1\text{шар}} = \rho V_{1\text{шар}} = 0,0041$ кг;
- кол-во шариков $n_{\text{шар}} = \frac{m_{\text{шар}}}{m_{1\text{шар}}} = 31586$;
- суммарный объем шариков $V_{\text{шар}} = n_{\text{шар}} V_{1\text{шар}} = 0,016 \text{ м}^3$;
- минимальный объем отверстий под шарики $V_{\text{отв}} = 1,25 V_{\text{шар}} = 0,0205 \text{ м}^3$.

На основе полученных данных была спроектирована конструкция бабы листоштамповочного молота модели МЛ-1,5 с массой падающих частей 1500 кг. В бабе молота были проделаны 10 отверстий со следующими параметрами: 2 отверстия $d = 125$ мм и $h = 400$ мм, 2 отверстия $d = 95$ мм и $h = 500$ мм и 6 отверстий $d = 55$ мм и $h = 500$ мм.

С помощью выведенной математической модели для расчета угла пружинения при гибке стандартной бабой молота на листоштамповочных молотах [5]

$$\Delta\alpha = 0,106X_1^2 + 0,00215X_2^2 - 0,0109X_1X_2 + 0,965X_1 - 0,41032X_2 + 20,09337,$$

где X_1 — относительный радиус гибки R/S ; X_2 — угол гибки, был рассчитан угол пружинения детали, который составил $\Delta\alpha = 2,25^\circ$ при допустимом откло-

нении углов детали $\pm 1^\circ$, геометрические размеры детали после ее гибки не соответствуют требованиям, что приводит к необходимости 3-х операций ручной правки и калибровки на гидравлическом прессе, а также 2-х разупрочняющих операций отжига детали, что существенно увеличивает трудоемкость и время изготовления изделия по стандартному технологическому процессу.

С помощью выведенной математической модели для расчета угла пружинения при гибке бабой молота с наполнителем [5]

$$\Delta\alpha = 1,44126 + 0,3X_1 - 0,01667X_2 + 3X_3 + 2010,0051X_4,$$

где X_1 — относительный радиус гибки, R/S ; X_2 — угол гибки, $^\circ$; X_3 — отношение массы шариков к массе бабы, K_M ; X_4 — отношение массы одного шарика к массе бабы молота K_{1M} , был рассчитан угол пружинения детали $\Delta\alpha = 0,9^\circ$ при допустимом отклонении углов детали $\pm 1^\circ$, т. е. геометрические размеры детали будут соответствовать требованиям чертежа уже после 1-й операции гибки.

Это позволило предложить новый технологический процесс изготовления детали «Зашивка», позволивший уменьшить в 2 раза количество ударов молота при гибке на листоштамповочном молоте при использовании бабы молота с наполнителем, исключить 3 трудоемкие операции ручной правки и 2 отжига детали, а также уменьшить в 2–3 раза общую трудоемкость и время изготовления детали.

Разработанный новый технологический процесс изготовления детали «Зашивка» позволяет уменьшить в 2 раза количество ударов молота при гибке на листоштамповочном молоте модели МЛ-1,5 при использовании бабы молота с наполнителем, исключить трудоемкие операции ручной правки и отжига детали, а также уменьшить в 2–3 раза общую трудоемкость и время изготовления детали [6].

Заключение. Были разработаны практические рекомендации по совершенствованию технологических процессов гибки ответственных деталей авиационной техники на листоштамповочных молотах путем использования бабы молота с наполнителем в виде стальных шариков, позволяющей значительно повысить геометрическую точность изготавливаемых деталей и снизить трудоемкость их изготовления.

Список источников

- [1] Лавриненко В.Ю., Чуваев И.С. Экспериментальные исследования гибки листовых заготовок на молотах. *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2016, № 3 (317), с. 133–136.
- [2] Лавриненко В.Ю., Шагалева Р.Р., Чуваев И.С. Исследование зависимости упругого пружинения при гибке листовых заготовок от параметров бабы листоштамповочного молота с наполнителем. *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2017, № 3 (323), с. 39–43.
- [3] Lavrinenko V.Y., Shagaleev R.R. The Method of Reducing of Springback Effect during Impact Bending of Sheet Steel Blanks. *Materials Science Forum*, 2019, vol. 973, pp. 85–89. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.973.85>

- [4] Шагалева Р.Р., Лавриненко В.Ю. Модернизация падающих частей листоштамповочных молотов для повышения размерной точности деталей при гибке. *Инновационные технологии реновации в машиностроении. Междунар. науч.-техн. конф., посв. 150-летию факультета «Машиностроительные технологии» и кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н.Э. Баумана: сб. тр.* Москва, ИИУ МГОУ, 2019, с. 379–382.
- [5] Лавриненко В.Ю., Шагалева Р.Р. Построение математической модели процесса гибки листовых заготовок с использованием бабы листоштамповочного молота с наполнителем. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2018, т. 16, с. 162–168.
- [6] Шагалева Р.Р., Лавриненко В.Ю. Разработка технологического процесса изготовления детали «зашивка» на листоштамповочном молоте с бабой с наполнителем. *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2023, № 4 (360), с. 148–156.