

УДК 666.1.037

**А. А. Фомин<sup>1\*</sup>, Ю. Н. Логинов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ООО «ЕЗ ОЦМ – ИНЖИНИРИНГ» (дочернее предприятие АО «Екатеринбургский завод по обработке цветных металлов»), г. Верхняя Пышма

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

\**a.fomin@ezost.ru*

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук *Ю. Н. Логинов*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДНА ПЛАТИНОВОГО СТЕКЛОПЛАВИЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКЕ

Выполнено экспериментальное исследование деформированного состояния дна платинового стеклоплавильного аппарата при листовой штамповке. Приведены геометрические соотношения, описывающие профиль изделия. Сформулированы возможные причины появления ряда дефектов.

*Ключевые слова:* платина, стеклоплавильный аппарат, листовая штамповка.

***A. A. Fomin, Yu. N. Loginov***

## AN EXPERIMENTAL STUDY OF STRAIN STATE OF GLASS MELTING BUSHING BOTTOM MADE OF PLATINUM DURING SHEET-METAL STAMPING

An experimental study of strain state of glass melting bushing bottom made of platinum during sheet-metal stamping is carried out. Geometric relationships that describe the product profile are given. A number of defects possible causes are formulated.

*Keywords:* platinum, glass melting bushing, sheet-metal stamping.

Стеклоплавильный аппарат представляет собой емкость для размещения расплава стекла или базальта. В нижней части аппарата расположено дно с фильерами, из которых вытягивают волокно. Процесс производства дна платинового стеклоплавильного аппарата включает операцию листовой штамповки, которая поэтапно описана в статьях [1–3]. В работах [4–6] описаны свойства деформируемых материалов, что позволило осуществить постановку краевой задачи штамповки.

Пошаговая технология обработки заготовки на первой операции приводит к интенсивному продольному течению металла и, как следствие, к образованию дефектов. Например, наблюдается явное отличие первого и второго (по направлению течения металла) полуряда каждого ряда

выступов по форме, вследствие несимметричного заполнения отверстий штампа. В то время как первый полуряд имеет ярко выраженную наклонную площадку, полученную после среза металла (рис. 1), второй полуряд имеет более правильную конусовидную форму. Также выступы второго полуряда имеют большую высоту, по сравнению с первым полурядом. Это объясняется конструкцией штампа. Каждый ряд отверстий штампа, формирующий выступы, находится в небольшом углублении высотой до 0,25 мм, которое имеет форму трапеции со скругленными углами в плане. Вследствие этого, а также продольного течения металла, второй полуряд находится в более благоприятных условиях для течения металла. Металл упирается в борт, образованный углублением, и в силу выполнения закона минимума энергии течет по пути наименьшего сопротивления, т. е. в отверстие второго полуряда штампа. Как результат, второй полуряд имеет больший объем. Часто случается, что объема первого полуряда даже не хватает для формирования полноценной фильеры на второй операции штамповки.

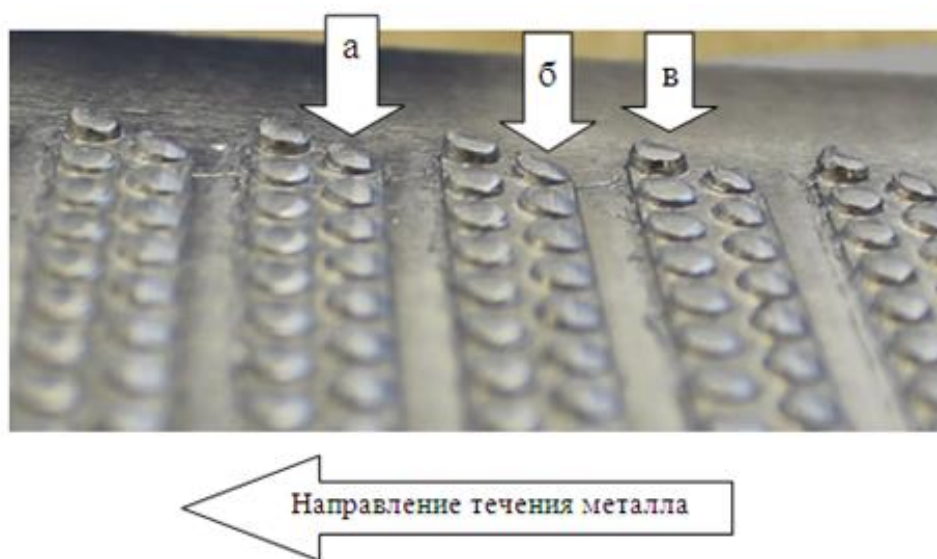


Рис. 1 Виды несовершенств заполнения штампа:

*а* – несимметричное заполнение первого полуряда; *б* – срез металла первого полуряда;  
*в* – увеличенная глубина заполнения второго полуряда

Для количественной оценки заполняемости штампа на первой операции штамповки фильерного дна была произведена первая операция штамповки на производственной площадке АО «ЕЗ ОЦМ». Для этого была использована заготовка в виде полосы толщиной 4,0 мм, штамп с отверстиями на 19 фильер (9 фильер в первом полуряде и 10 фильер во втором), боек с размерами плоской части 10 × 80 мм. Усилие прессы при штамповке составило 120 тс, что с учетом размеров плоской части бойка развивает давление 1470 МПа на контактной поверхности. В итоге была

получена полоса толщиной 2,5 мм с выступами, размеры которых приведены в таблице. Измерение проводили с помощью индикаторной головки часового типа, установленной на штативе, в нескольких точках, расположение которых показано на рис. 2. Точки замера №1 и №2 соответствуют первому полуряду, точки №3 и №4 – второму.

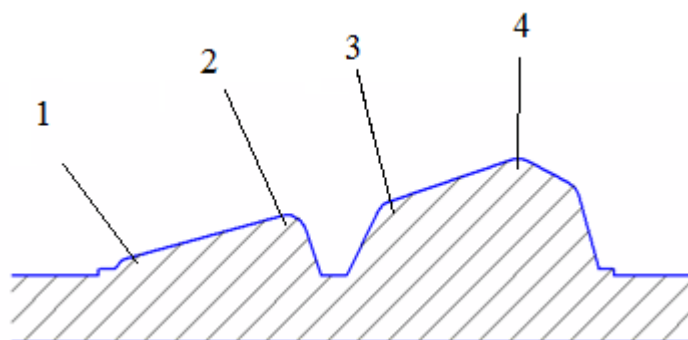


Рис. 2. Схематичное изображение полученных выступов и расположение точек замера высоты

Результаты измерения высоты выступов, полученных по стандартной технологии АО «ЕЗ ОЦМ»

№ точки замера	Высота выступа, мм									
	1	2,23	2,17	2,15	2,12	2,10	2,11	2,13	2,16	2,21
2	2,39	2,35	2,33	2,31	2,30	2,34	2,30	2,38	2,41	–
3	2,70	2,71	2,68	2,69	2,67	2,68	2,70	2,66	2,69	2,73
4	2,87	2,82	2,74	2,75	2,73	2,74	2,76	2,77	2,80	2,93

Введены следующие параметры, характеризующие неравномерность заполнения штампа:

1)  $\Delta V$  – характеризует различие между полурядами по форме выступов и численно равен  $(V1 - V2)$ , где  $V1$  – среднее значение разности между наибольшей и наименьшей высотой выступа первого полуряда,  $V2$  – среднее значение разности между наибольшей и наименьшей высотой выступа второго полуряда;

2)  $\Delta H$  – характеризует различие между полурядами по высоте выступов и численно равен  $(H2 - H1)$ , где  $H1$  – средняя высота первого полуряда,  $H2$  – средняя высота второго полуряда.

Для стандартной технологии введенные параметры примут следующие значения:  $V1 = 0,19$  мм;  $V2 = 0,10$  мм;  $\Delta V = 0,09$  мм;  $H1 = 2,25$  мм;  $H2 = 2,74$  мм;  $\Delta H = 0,49$  мм. Параметр  $V1 > V2$ , что

является следствием наличия наклонной площадки у выступов первого полурыда и более правильной формы второго полурыда. Параметр  $H_2 > H_1$ , что подтверждает больший объем выступов второго полурыда по сравнению с первым.

Дефекты заготовки, полученные на первой операции, оказывают отрицательное влияние на протекание второй операции. Неравномерное заполнение штампа часто приводит к поломке формообразующих бойков и, соответственно, увеличения срока изготовления и стоимости изделия. Поэтому для данного технологического процесса остро стоит задача повышения равномерности заполнения штампа первой операции штамповки. Именно на это были направлены последующие расчеты деформированного состояния.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фомин А. А., Логинов Ю. Н. Кинематические условия выдавливания пластического слоя в многорядном щелевом штампе // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2013. № 4. С. 14–17.
2. Фомин А. А., Логинов Ю. Н. Исследование первой операции штамповки элементов платиновых стеклоплавильных аппаратов // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2014. № 4. С. 37–41.
3. Логинов Ю. Н., Фомин А. А. Деформации при листовой штамповке платинового стеклоплавильного сосуда // Трубы-2014: труды XXI международной научно-практической конференции «Трубная промышленность России. Вектор инноваций» [г. Челябинск, 15–18 сентября 2014 г.]. Челябинск: ОАО "РосНИТИ", 2014. С. 284–287.
4. Условия разупрочнения и сопротивление деформации платины / Ю. Н. Логинов, А. В. Ермаков, Л. Г. Гроховская, Г. И. Студенок // Цветные металлы. 2006. №6. С.85–88.
5. Фомин А. А., Логинов Ю. Н. Сопротивление деформации платинового сплава ПлПдРдРу 81–15–3,5–0,5 // Цветные металлы. 2015. № 12 (876). С. 80–83.
6. Annealing characteristics and strain resistance of 99.93 wt.% platinum / Yu.N. Loginov, A.V. Yermakov, L.G. Grohovskaya, G.I. Studenok // Platinum Metals Review. 2007. V. 51, No. 4. P. 178–184.