

МАШИНОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

620.178.3:620.194.8

В.В. Галкин, Е.Г. Терещенко, А.А. Дербенев, Е.А. Горбачёв

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЛАВА ЭИ 878 В ИЗГОТОВЛЕНИИ ЛИСТОВЫХ ГОФРИРОВАННЫХ ПАНЕЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Дана оценка влияния температурно-скоростных условий и схемы штамповки на распределение деформированного состояния и изменение механических характеристик листового материала из сплава ЭИ 878 гофрированной панели в зоне рифта при штамповке на гидравлическом прессе на жестком форм-блоке полиуретаном, размещенным в контейнере, и на листоштамповочном молоте в свинцово-цинковом штампе.

Ключевые слова: листовая гофрированная панель, распределение деформированного состояния металла, конструктивный рельеф - зиг.

Листовые гофрированные панели являются силовой жесткостью в конструкциях изделий машиностроения: электрических щитах, автомобилях, судах, а также в ответственных узлах летательных аппаратов.

Основным конструктивным элементом гофрированной панели является конструктивный рельеф в виде рифтов и впадин (зигов). В поперечном сечении он может иметь различный профиль: треугольный, трапецидальный, прямоугольный, синусоидальный и другой, в зависимости от назначения и требований, предъявляемых к изделию. Жесткость и надежность работы панели зависят от формы и параметра рельефа, механических характеристик применяемого материала, а также факторов, определяемых технологическим процессом штамповки: неравномерностью утонения металла по сечению рифта и повышением прочностных характеристик материала за счет упрочнения (наклепа). Последние два фактора определяются температурно-скоростными условиями и схемой деформации, которые в свою очередь зависят от вида применяемого оборудования.

Наиболее приемлемыми материалами для изготовления гофрированных листовых панелей летательных аппаратов с точки зрения эксплуатационных характеристик являются высокопрочные конструкционные коррозионно-стойкие нержавеющие сплавы типа ВНС2 и СНЗ, имеющие предел прочности в поставке более 1000 МПа. Однако их применение зачастую сдерживается малой пластичностью. В связи с изложенным актуален анализ других имеющихся материалов, в частности, сплава ЭИ 878 (12Х17Г9АН4), который по сравнению с указанными сплавами имеет меньшие прочностные характеристики, но более высокие показатели пластичности. Его химический состав приведен в табл. 1, а механические характеристики в табл. 2.

Таблица 1

Материал	Основные компоненты, %							
	<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Si</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>N</i>
ЭИ 878	≤0,12	8,0-10,5	16-18	3,5-4,5	≤0,8	0,02	0,035	0,15-0,25

Таблица 2

Материал	σ_B , МПа	σ_T , МПа	ψ , %	δ , %
ЭИ 878	800	515	54	42

Основной операцией получения местных углублений и выпуклостей в виде зигов в листовых заготовках является формовка. Формообразование осуществляется за счет утонения материала, и схема напряженного состояния близка к схеме двухосного растяжения.

Технологический опыт отечественного и зарубежного изготовления листовых гофрированных панелей позволяет выделить определенные виды технологических процессов при изготовлении высокопрочных нержавеющей сталей. К ним относятся штамповка на листоштамповочных молотах в металлических свинцово-цинковых штампах и гидравлических специализированных прессах эластичной полиуретановой средой в контейнере на жесткой матрице (форм-блоке).

При штамповке на листоштамповочном молоте элементы жесткости получают постепенно за несколько переходов, при этом верхний инструмент своими гребнями концентрированно воздействует на заготовку, лежащую на нижнем инструменте (рис. 1). С целью предотвращения возникновения складок в формируемой заготовке на нижнем инструменте по его периметру выполняются технологические пороги, на которые стопкой укладываются технологические прокладки. Это обеспечивает уже на первом переходе защемление заготовки по ее периметру, при этом на каждом последующем переходе убирается очередная прокладка

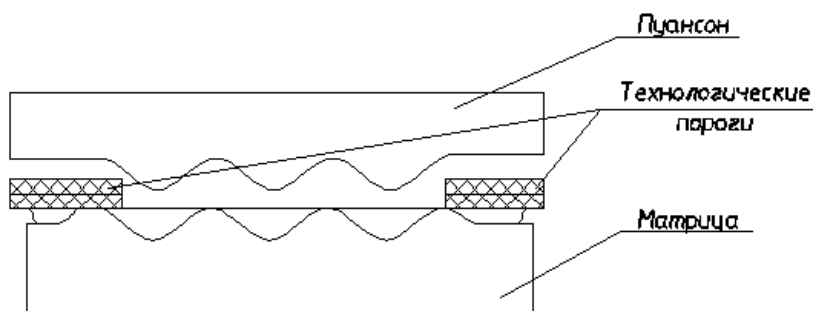


Рис. 1. Схема штамповки гофрированных панелей на листоштамповочном молоте в металлическом штампе

При штамповке на гидравлическом прессе (рис. 2) по ходу процесса первоначально происходит защемление заготовки эластичной средой как по гребням матрицы, так и по ее периметру. При этом процесс штамповки на прессе имеет техническую возможность постепенного увеличения давления эластичной среды в контейнере. Это в свою очередь позволяет вести формовку в начале процесса без жесткого защемления фланца и с подтяжкой заготовки в зону формовки.



Рис. 2. Схема штамповки гофрированных панелей на жестком форм-блоке эластичной средой на гидравлическом прессе

При анализе научно-технической литературы можно отметить, что, несмотря на то, что исследованию деформированного состояния листового материала в зоне рифта, посвящено достаточно много работ, отсутствуют данные по его сравнению в зависимости от вида технологического процесса, в частности, при штамповке на гидравлическом прессе в жесткой матрице эластичной средой, размещенной в контейнере, и на листоштамповочном молоте в свинцово-цинковом штампе. В силу того, что повышение деформированного состояния материала в процессе как холодной так и горячей операции, влияет на изменение его структурно-механических свойств, очевидна актуальность определения эффекта технологической обработки.

Целью работы:

- исследование деформированного состояния листового материала из сплава ЭИ 878 в зоне элемента жесткости (рифта) гофрированной панели, полученного штамповкой на специализированном гидравлическом прессе на жестком форм-блоке эластичной средой, размещенной в контейнере, в холодном состоянии и на листоштамповочном молоте в свинцово-цинковом штампе с нагревом;
- определение эффекта технологической обработки на изменение механических характеристик сплава ЭИ 878 в зависимости от вида обработки.

В качестве исследуемой детали была взята гофрированная панель из сплава ЭИ 878 толщиной 1 мм, размерами 500 × 320 мм в плане, с плоской стенкой и параллельными рифтами (рис. 3), имеющими поперечную синусоидальную форму (рис. 4).

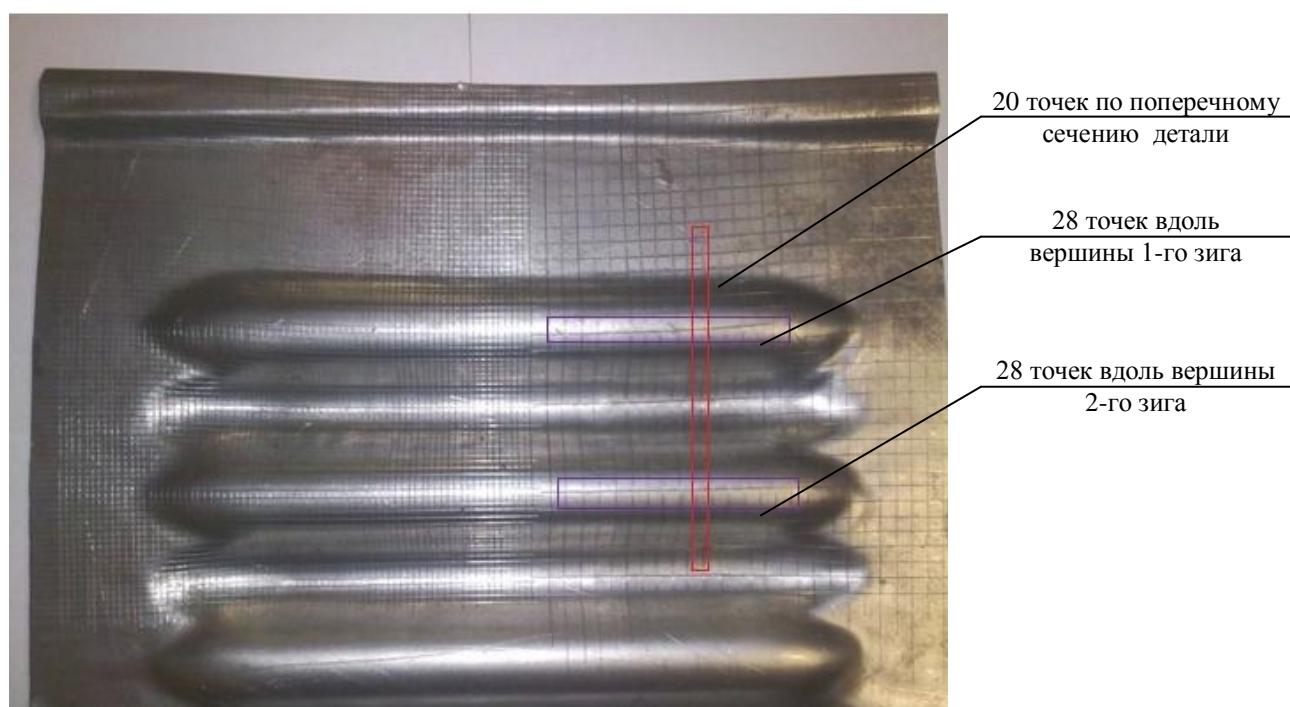


Рис. 3. Сетка на зигах гофрированной панели после штамповки

Для определения деформированного состояния в зиге отформованной листовой гофрированной панели была применена методика Г.А. Смирнова – Аляева [1]. На поверхность исходной заготовки была нанесена сетка с квадратными ячейками размером 5 × 5 мм. После штамповки проводились замеры измененной ее геометрии, на основании которых по приведенным выражениям были рассчитаны основные показатели деформированного состояния: значения главных компонент ε_x , ε_y и интенсивности итоговой деформации ε_i .

$$\varepsilon_x = \ln \frac{a}{a_0} \text{ и } \varepsilon_y = \ln \frac{b}{b_0}, \quad (1)$$

где a, b – размеры сетки (длина и ширина ячейки) до и после формовки,

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \frac{1}{3}(\varepsilon_x + 2\varepsilon_y)^2} . \quad (2)$$

Замеры размеров сетки на поверхности отформованного рифта производились через замеры отпечатков на тонкой промежуточной ленте (типа скотча), которая на нее наклеивалась, а далее разворачивалась при замере на микроскопе МИМ-7. Предварительно для получения отпечатка на поверхность зига наносилась графитовая смазка.

Для исследования деформированного состояния в зигах панели было взято 20 точек по поперечному сечению, 28 точек вдоль вершины 1-го зига и 28 точек вдоль вершины 2-го зига. В соответствии с выбранными точками замерялась толщина заготовки после деформации.

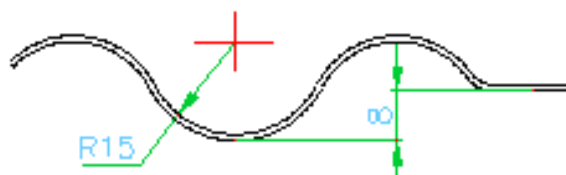
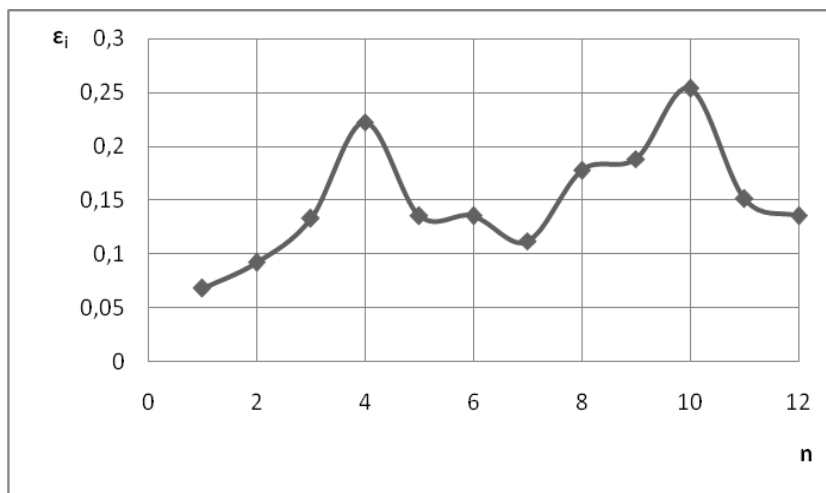
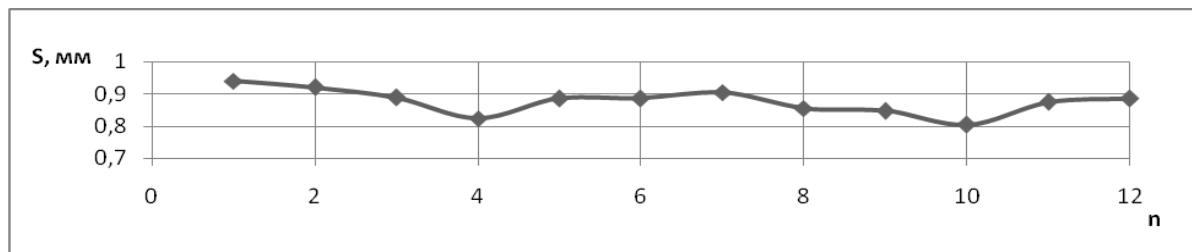


Рис. 4. Форма и геометрические параметры поперечного синусоидального сечения зига

На основании полученных данных построены графики изменения интенсивности итоговой деформации и толщины заготовки по поперечному сечению при штамповке на гидравлическом прессе (рис. 5) и листоштамповочном молоте (рис. б).

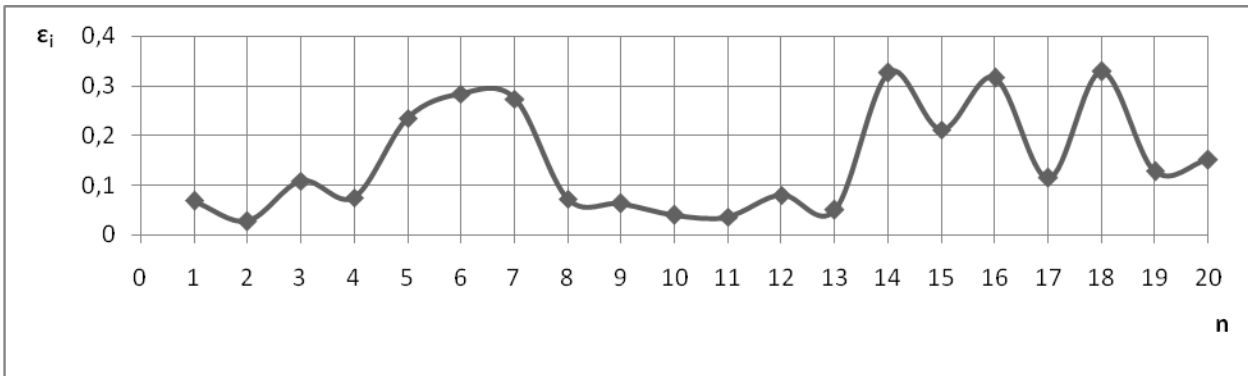


а)

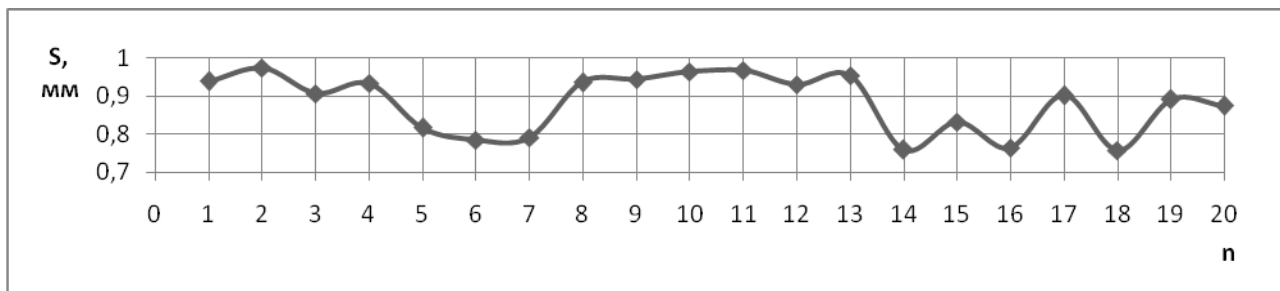


б)

Рис. 5. Графики изменения интенсивности итоговой деформации (а) и изменения толщины заготовки (б) по поперечному сечению гофрированной панели при штамповке на гидравлическом прессе



а)



б)

Рис. 6. Графики изменения интенсивности итоговой деформации (а) и изменения толщины заготовки (б) по поперечному сечению гофрированной панели при штамповке на листоштамповочном молоте

Механические испытания включили испытания на статическую прочность (ГОСТ 1497-61) на универсальной разрывной машине Amsles силой 100 КН при комнатной температуре. Плоские образцы вырезались из зоны зига: по наклонной поверхности, по впадине и по вершине (рис. 7). Их расположение и индексация приведено в табл. 3.

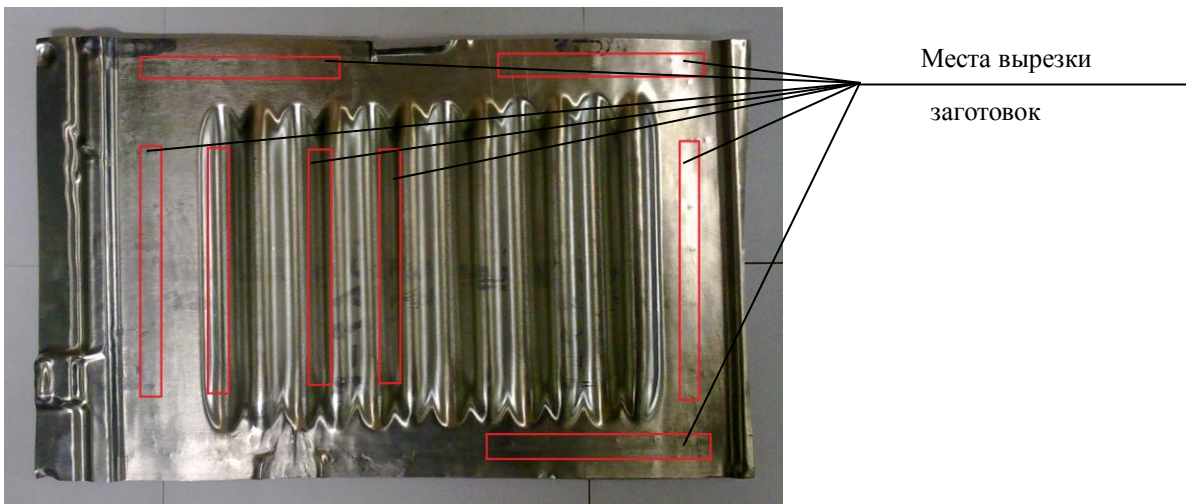


Рис. 7. Места вырезки заготовок в штампованных гофрированных панелях для образцов структурно-механических испытаний

По результатам статических испытаний были рассчитаны механические характеристики, значения которых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Расположение зон вырезки образцов структурно-механических испытаний

Зона вырезки образца	Гидравлический пресс	Листоштамповочный молот
Боковая поверхность рифта	1a1, 1a2, 1a3	1б1, 1б2, 1б3
Впадина рифта	2a1, 2a2, 2a3	2б1, 2б2, 2б3
Вершина рифта	3a1, 3a2, 3a3	3б1, 3б2, 3б3

По результатам статических испытаний были рассчитаны механические характеристики, значения которых приведены в табл. 4.

Таблица 4

Механические характеристики образцов

Параметры Образцы	№ образца	Толщина, мм	Ширина, мм	Площадь, мм ²	Нагрузка, кгс	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Длина после разрыва, мм	Предел текучести, МПа
Образцы после деформации на гидравлическом прессе	1a1	0,78	10,6	8,26	640	775	53	46	470
	1a2	0,78	10,5	8,19	630	770	50	45	480
	1a3	0,78	10,5	8,19	640	780	53	46	500
	2a1	0,67	12,5	8,37	810	970	27	38	880
	2a2	0,69	12,5	8,62	795	920	33	40	820
	2a3	0,70	12,0	8,40	750	890	33	40	800
	3a1	0,71	12,7	9,01	730	810	40	49	680
	3a2	0,70	12,7	8,89	800	900	31	46	710
	3a3	0,72	12,6	0,07	776	855	40	49	720
Образцы после деформации на молоте	1б1	0,78	10,5	8,19	560	805	37	41	560
	1б2	0,78	10,6	8,26	640	775	40	42	540
	1б3	0,78	10,5	8,19	650	790	27	38	550
	2б1	0,75	12,8	9,60	660	-	-	-	-
	2б2	0,73	12,7	9,27	765	825	30	455	650
	2б3	0,71	12,3	8,73	745	850	43	500	680
	3б1	0,75	12,3	9,22	755	820	43	50	600
	3б2	0,71	12,3	8,73	745	850	43	50	660
	3б3	0,75	12,2	9,15	750	820	50	52,5	600

Полученные результаты исследования деформированного состояния листового материала в зоне элемента жесткости (рифта) гофрированной панели свидетельствуют о неравномерности распределения деформации по толщине заготовки в поперечном сечении рифта при штамповке по обоим технологиям на прессе и на молоте. При этом имеет место следующее отличие: при штамповке на прессе материал, расположенный по вершинам рифта, имеет меньшее утонение, а на наклонной плоскости большее по сравнению со штамповкой на молоте. Кроме того, при штамповке на прессе имеет место более равномерное утонение металла

по всему поперечному сечению рифта. Причиной этого является принципиальное отличие схем штамповки, приведенных на рис. 1 и рис. 2. Во-первых, при штамповке на прессе отсутствует жесткое защемление заготовки по ее периметру, во-вторых, имеет место равномерность прилагаемых сил по поверхности заготовки с постепенным их увеличением, в отличие от резких концентрированных контактных нагрузок молотовой штамповки, а также меньшая скорость деформирования материала.

Результаты механических испытаний дают четкую картину распределения механических свойств в исследуемых зонах детали. При штамповке на прессе получаем упрочнение до требуемого значения $\sigma_b \approx 900$ МПа. При этом наибольшее значение 970 МПа соответствует зоне впадины рифта. При штамповке на молоте предел прочности повышается только до 850 МПа и также соответствует зоне впадины рифта. Очевидно, что причиной полученных результатов является упрочнение металла при холодной штамповке на прессе и неполное – при штамповке на молоте с нагревом.

Выводы

1. Деформированного состояния листового материала в зоне элемента жесткости (рифта) гофрированной панели характеризуется неравномерностью распределения деформации по толщине заготовки в поперечном сечении при штамповке по обеим технологиям на прессе и на молоте, при этом при штамповке на прессе имеет место меньшее и более равномерное утонение материала;

Прочностные характеристики листового материала из сплава ЭИ 878 в зоне элемента жесткости (рифта) гофрированной панели при штамповке на гидравлическом прессе на форм-блоке в полуретановом контейнере за счет упрочнения достигают требуемой величины $\sigma_b \approx 900$ МПа .

-
1. **Смирнов-Аляев, Г.А.** Сопротивление материалов пластическому деформированию / Г.А. Смирнов-Аляев. – Л.: Машиностроение, 1978. – 368 .

*Дата поступления
в редакцию 14.07.2011*

V.V. Galkin, E.G. Tereshchenko, A.A. Derbenyov, E.A. Gorbachyov

USE OF ALLOY ЭИ 878 IN MANUFACTURING OF THE SHEET GOFFERED PANELS

The estimation of influence of temperaturno-speed conditions and the punching scheme on distribution of the deformed condition and change of mechanical characteristics of a sheet material from alloy ЭИ 878 goffered panels in a zone рифта is given at punching on a hydraulic press on rigid forms – the block by a polyurethane placed in the container, and on листоштамповочном a hammer in a svintsovo-zinc stamp.

Key words: the sheet goffered panel, distribution of the deformed condition of metal, a constructive relief - zig.