



Denis Alexandrovich Chemezov
 Master of Engineering and Technology,
 Corresponding member of International
 Academy of Theoretical and
 Applied Sciences, Lecturer of
 Vladimir Industrial College, Russia
chemezov-da@yandex.ru

SECTION 7. Mechanics and machine construction.

ASSESSMENT OF PLASTIC STRAIN OF WORKPIECE MATERIAL DURING COLD DRAWING

Abstract: The article presents the analysis of the distribution of plastic strain in the workpiece, made of aluminum alloy, during drawing. Defined values of the stresses and strains of the material in the zone of intensive treatment of pressure.

Key words: drawing, plastic strain, workpiece.

Language: Russian

Citation: Chemezov DA (2015) ASSESSMENT OF PLASTIC STRAIN OF WORKPIECE MATERIAL DURING COLD DRAWING. ISJ Theoretical & Applied Science 08 (28): 9-13.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-08-28-2> **Doi:** <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2015.08.28.2>

ОЦЕНКА ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛА ЗАГОТОВКИ ПРИ ХОЛОДНОМ ВОЛОЧЕНИИ

Аннотация: В статье представлен анализ распределения пластической деформации в заготовке, изготовленной из алюминиевого сплава, при волочении. Определены величины напряжений и деформаций материала в зоне интенсивной обработки давлением.

Ключевые слова: волочение, пластическая деформация, заготовка.

Обработка металлических сплавов давлением имеет ряд преимуществ по сравнению с лезвийной обработкой резанием:

1) безотходное или малоотходное производство, т. е. получение зачастую готового изделия при минимальном расчетном коэффициенте использования материала заготовки;

2) упрочнение поверхностного слоя (наклеп) материала обеспечивающее увеличение износостойкости изделия во время эксплуатации;

3) в ряде случаев изменение структуры материала заготовки.

Алюминиевые сплавы хорошо поддаются обработке давлением: прокатке, ковке, прессованию и др. Качественный анализ напряженно-деформированного состояния заготовок, из алюминиевого сплава, подвергаемых равноканальному угловому прессованию по различным схемам представлен в работах [1, 2], прокатки в работе [3], листовой штамповки в работе [4].

Одним из способов обработки металлических сплавов давлением является

волочение, представляющее собой протягивание прутков различных профилей и труб через специальный инструмент (волока) со ступенчатым отверстием, сечение которого меньше сечения заготовки [5]. Многопроходным протягиванием можно получить проволоку наружным диаметром менее 1 мм.

Процесс волочения сопровождается интенсивным удлинением деформируемой заготовки. Материал заготовки в зоне формообразования подвергается одновременно и растяжению и сжатию. Пластически деформированный материал будет обладать уже другими характеристиками. Исследование процесса волочения методом имитационного моделирования позволит получить достоверную оценку напряженно-деформированного состояния материала заготовки.

Расчет задачи механики деформируемой заготовки методом конечных элементов выполнялся в программной среде LS-DYNA.

Волока представляет собой втулку. Ступенчатое отверстие состоит из следующих участков: заборная/деформирующая зона

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.179	
GIF (Australia) = 0.356	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

конической формы (18° в соответствии с конструкцией волоочильного инструмента), калибрующий пояс цилиндрической формы ($\varnothing 16.5$ мм) и выходной конус (70°) [6]. Конструкция волокна и ее габаритные размеры представлены на рис. 1.

В качестве деформируемой заготовки принят пруток круглого поперечного сечения с наружным диаметром 20 мм. Материал заготовки – алюминиевый сплав со следующими физико-

механическими свойствами [7]: плотность – 2770 кг/м³; модуль Юнга – 71000 МПа; коэффициент Пуассона – 0.33; предел текучести на растяжение – 280 МПа; модуль сдвига – 500 МПа. Для задания усилия и направления волочения применяется специальное захватное тянущее устройство [8]. Захват производится клещами за проточенный наружный диаметр прутка ($\varnothing 15$ мм) со стороны выходного конуса волокна.

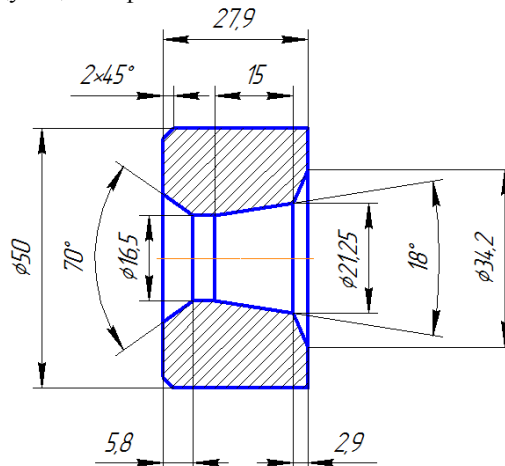


Рисунок 1 – Чертеж волокна.

Построенные трехмерные твердотельные модели волокна и прутка были разбиты на конечные элементы [9] в виде сетки (рис. 2).

Общее количество элементов составляло 36448 (модель волокна – 6647, модель прутка – 29801). Размер одного элемента – 2 мм.

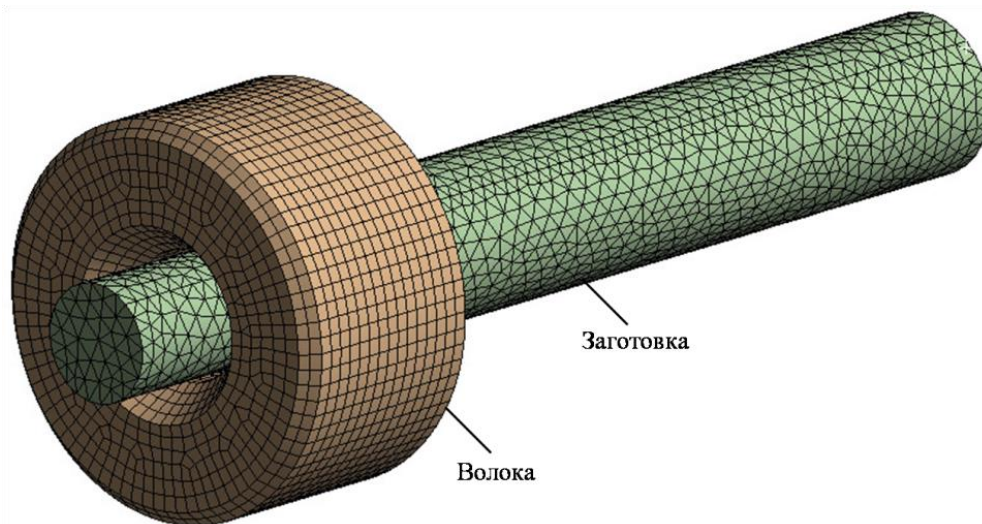


Рисунок 2 – Разбиение твердотельных моделей волокна и заготовки на конечные элементы.

Установка параметров и граничные условия моделирования (расчета) процесса волочения

представлены в табл. 1. и на рис. 3 соответственно.

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.179	
GIF (Australia) = 0.356	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Таблица 1

Параметры моделирования динамики процесса волочения.

Параметр	Значение параметра
Максимальное количество циклов	100000
Время окончания (конечное)	7 с
Максимальная ошибка энергии	10%
Количество оболочковых подслоев	3
Поправочный коэффициент сдвига оболочки	0.8333

Модель волокна принята жестким телом, т. е. все поверхности не деформировались (выделены фиолетовым цветом с меткой В). Метка С на торцевой поверхности характеризует неподвижность модели волокна относительно модели заготовки. Стрелкой (метка А) показано

направление усилия волочения (25 кН). Модель заготовки принята пластическим материалом. Заготовка перемещалась только по координатной оси Х (метка D). Заготовка обрабатывалась в холодном состоянии.

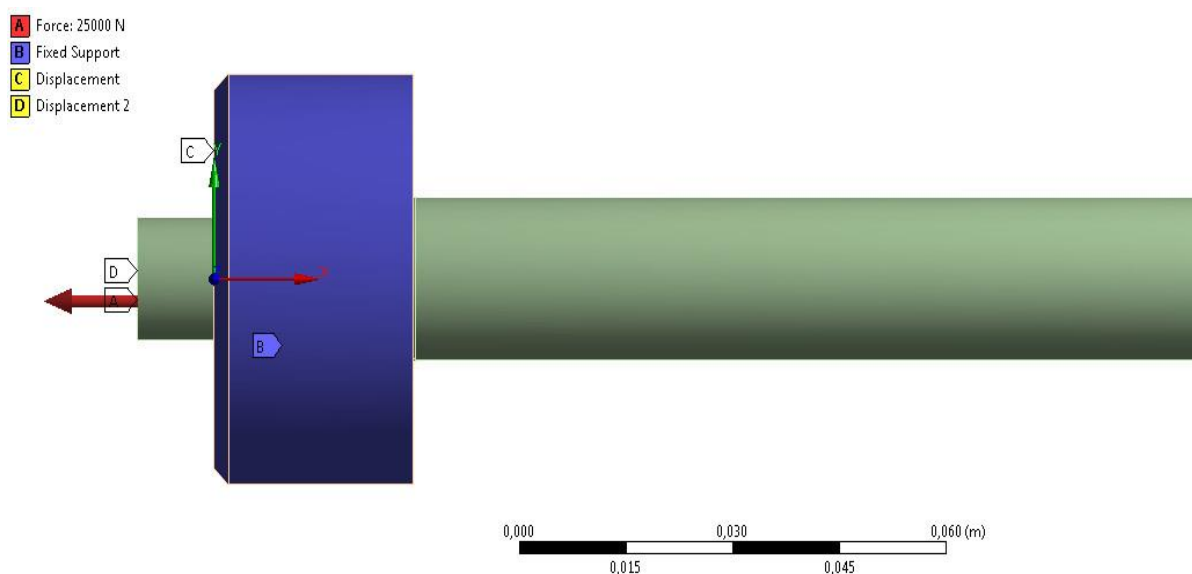


Рисунок 3 – Граничные условия для моделирования динамики процесса волочения. Координатная система сгенерирована в модуле Explicit Dynamic программной среды Ansys Workbench.

Результаты реализации моделирования процесса волочения представлены в виде расчетных значений параметров (табл. 2) и

интерактивных эпюр (рис. 4) характеризующих напряженно-деформированное состояние заготовки.

Таблица 2

Параметры, характеризующие напряженно-деформированное состояние заготовки.

Параметр	Величина	
	Минимальная	Максимальная
Напряжение по оси X, Н/мм ²	-514.5	735.5
Напряжение по оси Y, Н/мм ²	-951.9	473.9
Напряжение по оси Z, Н/мм ²	-950.7	510.6
Эффективное напряжение (напряжение по фон Мизесу), Н/мм ²	0	620.6
Максимальное напряжение сдвига, Н/мм ²	0	347.4
Максимальное главное напряжение (1-ое), Н/мм ²	-494.1	804.1
Второе главное напряжение, Н/мм ²	-825.5	513.7
Минимальное главное напряжение (3-ье), Н/мм ²	-1029.4	245.4
Перемещение по оси X, мм	-25.9	0
Перемещение по оси Y, мм	-2.3	2.2

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	
GIF (Australia) = 0.356	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Перемещение по оси Z, мм	-2.1	2.2
Результирующее перемещение, мм	0	25.9
Скорость деформации по оси X, мм/мс	-88.2	8.8
Скорость деформации по оси Y, мм/мс	-45.2	28.2
Скорость деформации по оси Z, мм/мс	-24.9	30.3
Результирующая скорость деформации, мм/мс	0	89.2

Напряженное состояние материала заготовки было определено по характеру деформаций возникающих по 3 координатным осям (см. рис. 4, а). По координатной оси X преобладает растяжение материала (735.5 Н/мм^2), по координатным осям Y и Z – сжатие материала (-951.9 Н/мм^2 и -950.7 Н/мм^2 соответственно).

Продольное перемещение заготовки на 26 мм, относительно заборной зоны волоочильного инструмента, способствует увеличению ее общей длины на 10% (при заданных режимах обработки и геометрических размерах волокна). Полная энергия (сумма кинетической и внутренней энергий) затрачиваемая на процесс волочения заготовки составила 60 кДж.

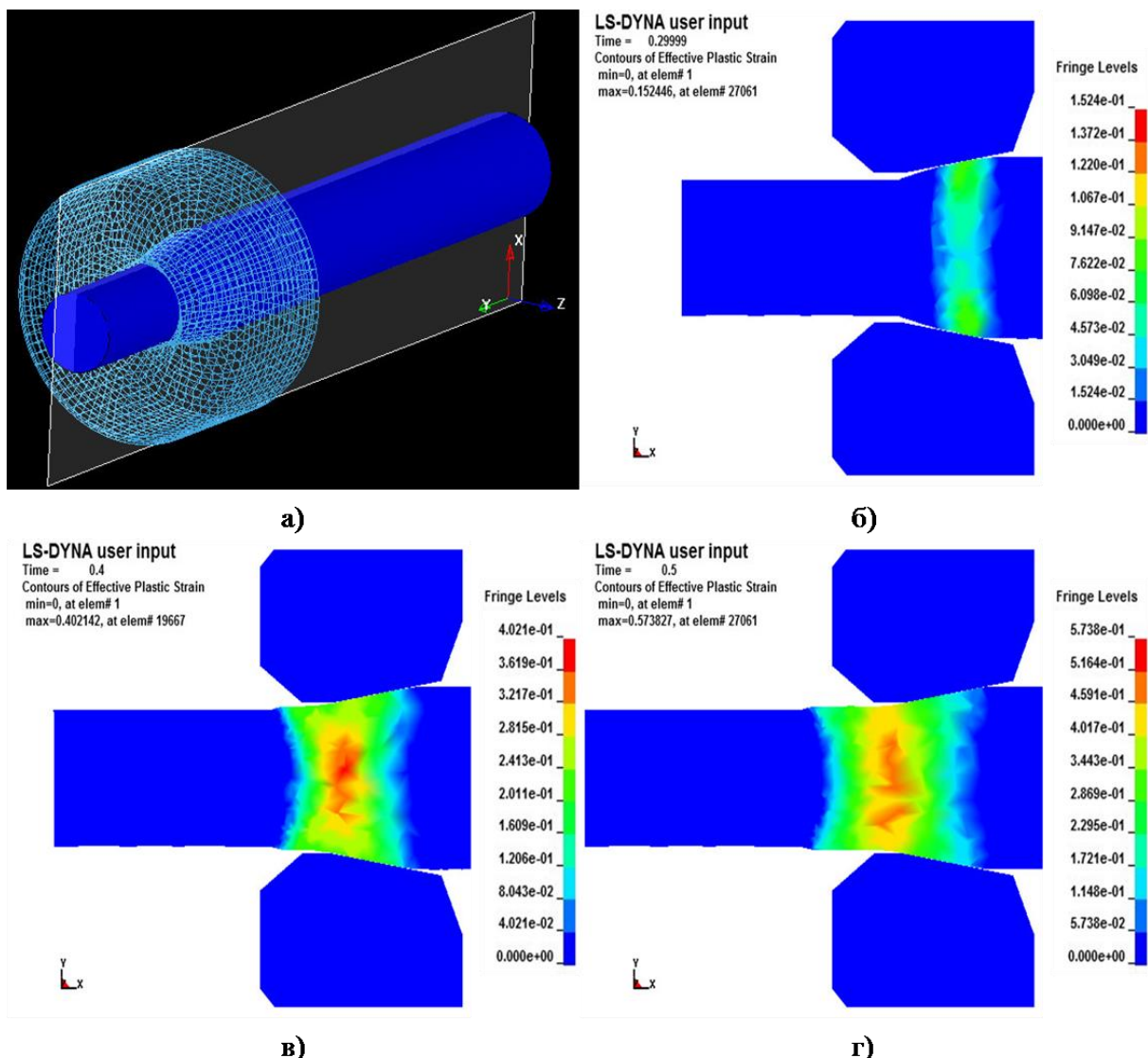


Рисунок 4 – Результаты моделирования процесса волочения: а – сечение моделей плоскостью XY; б, в, г – эпюры эффективной пластической деформации заготовки по мере протягивания заготовки через отверстие волокна.

Наибольшая пластическая деформация материала заготовки происходит в месте

перехода малого диаметра конуса деформирующей зоны в цилиндрический

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	
GIF (Australia) = 0.356	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

калибрующий пояс волоки (в продольном и поперечном сечениях). Слои материала, расположенные ближе к осевой линии заготовки, деформируются больше чем поверхностные слои.

Величина пластической деформации поверхностного слоя (глубиной до 2 мм) материала заготовки в деформирующей зоне волоки находится из зависимости (1)

$$\varepsilon_{pl} = \frac{d - 0.135L - d_{var}}{0.12d}, \quad (1)$$

где ε_{pl} – коэффициент пластической деформации материала заготовки; d – наружный диаметр заготовки до обработки давлением, мм; L – длина деформирующей зоны волоки на которой происходит фактическая обработка материала заготовки, $L = kl_n$ (l_n – шаг разбиения длины

деформирующей зоны волоки на равное количество участков, k – количество участков), мм; d_{var} – наружный диаметр (переменный) заготовки непосредственно подвергающийся обработке в деформирующей зоне волоки, мм.

На степень пластической деформации материала заготовки будут существенно влиять длина и угол при вершине деформирующей части волоки. При соотношении длины $L > 1.5d$ и угла при вершине $2\alpha > 25^\circ$ деформирующей зоны волокильного инструмента происходит увеличение площади контактных поверхностей заготовки с формообразующим отверстием. Это приводит к дополнительным энергозатратам (увеличение усилия волочения) и значительным пластическим деформациям материала заготовки.

References:

1. Chemezov DA (2015) Comparative analysis of stress-strain state of workpieces made of aluminium alloy during of the equal channel angular pressing process according to different schemes. ISJ Theoretical & Applied Science 07 (27): 52-64. SoI: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-07-27-10> DoI <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2015.07.27.10>
2. Chemezov DA (2015) Modelling and analysis of process of equal-channel angular pressing of metal alloys. New University. Technical sciences. 2015. 5-6 (39-40). – pp. 42 – 52. ISSN 2221 – 9552. DOI: [10.15350/2221-9552.2015.5-6](https://doi.org/10.15350/2221-9552.2015.5-6)
3. Maksimov EA (2014) Research of contact friction forces and specific pressures in the time of rolling of strips, made of aluminium and its alloys. Ore & Metals. 2014. 6 (858). – pp. 87-89.
4. Galkin VV, Kalinin AB, Pachurin GV, Ermakov DY (2014) Limiting degree dome sheet product with spherical bottom in hot strain. Fundamental research. 2014. 5-5. – pp. 939-944.
5. (2015) Volochenie. Available: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Волочение> (Accessed: 31.07.2015).
6. (2015) Volochenie metalla. Volochenie provoloki. Tehnologiya volocheniya. Oborudovanie dlya volocheniya. Available: <http://www.mtomd.info/archives/1999> (Accessed: 31.07.2015).
7. (2015) Aluminiy i ego splavy. Available: <http://www.1metal.ru/info-alsplav.html> (Accessed: 31.07.2015).
8. (2015) Volochilnye stany. Oborudovanie dlya volochilnyh tsehov. Volochenie provoloki. Available: http://www.rolling-mills.ru/drawing_machines.php (Accessed: 31.07.2015).
9. (2015) Method konechnykh elementov Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_конечных_элементов (Accessed: 31.07.2015).