



22-я Международная конференция  
«Авиация и космонавтика»

# ТЕЗИСЫ



Москва, МАИ  
2023

**22-я Международная конференция  
«Авиация и космонавтика»**

**Тезисы**

Москва, МАИ  
20-24 ноября 2023 г.

УДК 629.7  
ББК 39.52:39.6я43  
С23

22-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 20-24 ноября 2023 года. Москва. Тезисы. – М.: Издательство «Перо», 2023 – 4,2 Мб [Электронное издание].

ISBN 978-5-00218-957-1

В сборник включены доклады, представленные в Организационный комитет конференции в электронном виде.

Конференция проводится в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от 20 апреля 2022 г. № 075-15-2022-309).

ISBN 978-5-00218-957-1

©Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет), 2023

размещается набор тонких стальных полос, играющих роль технологического подпора. Полосы, поверхность которых покрыта смазкой, в процессе гибки смещаются друг относительно друга в тангенциальном направлении. Поэтому технологический подпор деформируется не как монолитное тело. Его деформация разбивается на ряд совмещенных процессов гибки тонких полос. Это позволяет избежать в них появления высоких напряжений и пластических деформаций. Отсутствие пластических деформации позволяет использовать стальные полосы многократно.

В качестве заготовки используется профиль двутаврового сечения из алюминиевого сплава АД33 размерами  $H = 13$  мм,  $B = 18$  мм, толщина стенки  $\delta = 1,5$  мм.

В качестве технологического подпора используются полосы из нержавеющей стали. Толщина полос составляет 0,5; 0,75; 1 мм, межвалковое расстояние (МВР) – 102; 182; 262 мм. Значение смещения  $\Delta H$  подбиралось таким образом, чтобы количество циклов гибки было минимальным, а напряжения в полосах не выходили за пределы упругой деформации. Построена математическая модель процесса гибки в программном комплексе ANSYS, который основан на методе конечных элементов (МКЭ) [3]. Использование ANSYS позволяет оценить напряженно-деформированное состояние профиля и технологического подпора.

В ходе работ установлено, что максимальное влияние на значение деформаций в полосах оказывает их толщина. В рабочей зоне пластические деформации в полосах отсутствуют или незначительны (0,000182 мм/мм). Максимальные напряжения, возникающие в полосах при толщине 1; 0,75, 0,5 мм для стационарного процесса, равны соответственно 115 МПа; 110 МПа; 117 МПа и во всех случаях ниже предела текучести для нержавеющей стали (205 МПа) [4]. Влияние межвалкового расстояния неоднозначно. С одной стороны, его уменьшение ведет к уменьшению непрочатанных участков, то есть к увеличению выхода годного, а с другой, к более высоким напряжениям в полосах. Необходимой кривизны ( $R = 460$  мм) удалось достичь при комбинировании различных параметров без нарушения геометрии профиля. При межвалковом расстоянии 262 мм за 4 прохода, с суммарным смещением среднего валька 19,6 мм. При межвалковом расстоянии 182 мм за 5 проходов со смещением 10 мм. При межвалковом расстоянии 102 мм за 4 прохода со смещением 3,5 мм.

В результате исследования удалось определить рациональные режимы обжатий по проходам, в результате получены профили с заданным радиусом кривизны. Напряжения, возникающие в технологическом подпоре, ниже значения предела текучести для нержавеющей стали.

1. Лысов М. И. Формообразование деталей гибкой. - М.: «Машиностроение», 2001. - 388 с.; ил.

2. В.И. Галкин, А.Р. Палтиевиц, Е.В. Галкин, Е.В. Преображенский, Т.И. Захарова; К ВОПРОСУ ВЫБОРА СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА СЕГМЕНТ ШПАНГОУТА, «Технология легких сплавов» №1, 2021. с. 60-67.

3. Основы работы в ANSYS 17. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 210 с.: ил. Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Данилов М. Н., Захарова Ю. В.

4. Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., доп. И испр. /А.С. Зубченко, М.М. Колосков, Ю.В. каширский и др. Под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2003. 784 с.

### **Исследование влияния скорости кристаллизации на размер зерна в высокомагнитных алюминиевых сплавах с добавлением РЗМ**

Бахтегарев И.Д., Рагазин А.А., Арышенский В.Ю., Арышенский Е.В.

Самарский университет, г. Самара, Россия

Алюминиевые сплавы находят широкое применение в различных отраслях современной промышленности благодаря низкой массе, высокой прочности и коррозионной стойкости. Дополнительно повысить прочность можно двумя способами: за счёт увеличения скорости охлаждения при кристаллизации металла и за счёт добавления переходных элементов, таких как Sc, Zr, Hf и Er. По мере увеличения скорости кристаллизации зародыши твердой фазы формируются быстрее, что является основной причиной процесса измельчения зерен. Целью

работы является изучения влияния скорости кристаллизации в алюминиево-магниевых сплавах с содержанием РЗМ на размер зерна.

Было сделано по 10 отливок в стальной и медный кокиль. Содержание Hf и Hf в них варьировалось в диапазонах 0,03–0,16 % вес и 0,05–0,16% вес. Границы данных диапазонов близки к минимальной и максимальной допустимой концентрации данных элементов в сплаве 1590. Такой выбор параметров позволяет сравнить влияние скорости кристаллизации на размер зерна при одной и той же химической композиции. Содержание остальных элементов соответствовало химическому составу сплава 1590.

В качестве шихты использовались: первичный алюминий марки А85, магний первичный марки МГ90, цинк марки Ц1, лигатура марок Al-Mn10, Al-Zr5, Al-Sc2, Al-Er5, Al-Hf2. Загрузка в печь производилась вручную. Литье слитков производилось со скоростями кристаллизации 2-3 °C/сек и 10 °C/сек. Исследование зеренной структуры производили на оптическом микроскопе.

Установлено, что при литье со скоростью кристаллизации 2-3 °C/сек образуются зародыши (интерметаллиды) Al<sub>3</sub>(ПЭ), которые модифицируют зеренную структуру. Увеличение гафния и эрбия существенно модифицирует структуру. При скорости кристаллизации 10 °C/сек переходные элементы не успевают выделиться в виде зародышей, которые являются центрами кристаллизации, и остаются в пересыщенном твердом растворе, из-за чего зёрна более крупные в сравнении с размером зерен после медленной кристаллизации. При увеличении содержания гафния и эрбия до 0,16 вес% происходит максимальное модифицирование литой структуры.

Исследования выполнены при поддержке проекта РНФ № 22-19-00810, <https://rscf.ru/project/22-19-00810/>.

### **Пошаговая технология формования слоистых композитов на основе СЭВА, армированного волокнами СВМПЭ**

Ветохин И.С., Бухаров С.В.

МАИ, г. Москва, Россия

В последнее время при создании современных полимерных композитов на смену терморезактивным приходят термопластичные матрицы, обеспечивающие неограниченную жизнеспособность полуфабрикатов в виде упрочненных волокнами листовых материалов (ЛУТ), сокращенный цикл формования, расширение номенклатуры способов переработки материалов в изделия, возможность осуществления сварочной сборки узлов и агрегатов, высокую ремонтпригодность изделий, а также утилизации и вторичной переработки отходов производства и выработавших ресурсе изделий. В современном самолето- и автомобилестроении нашли применение ЛУТ на основе полиамида и полиэфирэфиркетона, армированных стеклянными [1] или углеродными волокнами.

Применение термопластичных матриц, армированных волокнами на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, позволит создавать композитные материалы, обладающие относительно высоким уровнем удельных характеристик прочности и деформативности и одновременно высокими показателями трещиностойкости, ударной вязкости при разрушении, абразивной износостойкости, водо- и химостойкости, а также повышенной демпфирующей способностью и триботехническими характеристиками.

Исследования в данном направлении ограничиваются созданием композитов для баллистической защиты и практически не реализовано в современном машиностроении. В МАИ разработаны сверхлегкие органокомпозиты с плотностью 0,93-0,94 г/см<sup>3</sup> на основе ткани из волокон СВМПЭ с саржевым переплетением 6/6 производства АО «ВНИИСВ» и термопластичной матрицы из сополимера этилена с винилацетатом – СЭВА) производства ПАО «Казаньоргсинтез». Были отработаны оптимальные параметры процесса формования образцов композита СЭВА-СВМПЭ методом горячего прессования [2].

В настоящей работе приведены результаты исследования физических процессов серийного изготовления листовых полуфабрикатов-ЛУТов методом пошагового прессования на установке разработанной и изготовленной в МАТИ. в рамках договора с ЦНИИЛК по Программе Союзного государства. Впервые для формования

## Алфавитный указатель

### А

Абгарян В.К. 75  
Абдулин Р.Р. 238  
Абрамов Я.С. 6  
Авдзейко В.И. 128  
Авдюшкин А.Н. 242  
Аверин Н.В. 276  
Аветисян Б.Р. 143  
Агапов А.В. 60  
Адамян К.И. 7, 129  
Айриян А.С. 369  
Акимов А.А. 390  
Акиншин Н.В. 277  
Александр М.Б. 105  
Александров А.А. 151  
Александров А.Б. 178  
Александрова С.С. 113  
Алексеев И.Е. 277  
Алексеева П.А. 315, 389  
Алехин В.И. 191  
Алешин А.А. 354, 361  
Алифанов О.М. 217  
Алпатов И.В. 61  
Алсаева О.С. 278  
Альбиков Р.Р. 114  
Аметов А.А. 62  
Ананенков А.Е. 186  
Андреев А.К. 114  
Андреев Д.А. 171  
Андреев М.Е. 77  
Андреева Н.С. 115  
Андреева Э.Э. 356  
Андрей В.Г. 194  
Аникеева М.И. 7  
Анисимов С.А. 243  
Анисова Е.Н. 315  
Антонов В.А. 243  
Аплетнева Т.И. 10  
Ардатов К.В. 94  
Арсёнов А.В. 279  
Артамонов И.М. 244  
Артемов Е.А. 116, 206  
Архангельский Ю.А. 48  
Архинов А.Н. 109  
Архицкая К.А. 63  
Арышенский В.Ю. 281  
Арышенский Е.В. 281  
Асав А.С. 276, 280  
Асанидзе С.Э. 215, 252

Астафьев Е.А. 64  
Астахов К.А. 117  
Афутина Д.С. 12  
Ахрамович А.А. 316  
Ашарина О.В. 380  
Аюгина А.В. 64  
**Б**  
Бабаевский П.Г. 286, 306, 307, 310  
Бабич Б.П. 317  
Бабушкин А.В. 310  
Бажанов А.В. 363  
Бажура А.С. 286  
Байков А.Е. 245  
Балабанова В.А. 237  
Бараковский Ф.А. 118  
Баранов М.С. 199  
Баранов П.А. 352  
Бардин А.Б. 268  
Бардин Б.С. 242, 246, 250  
Басов А.А. 220  
Басова А.Н. 118  
Басова В.П. 357  
Батанов М.С. 65, 93  
Батталов Т.Х. 280  
Батура Н.И. 97  
Бахтегареев И.Д. 281  
Бегендинов А.А. 8  
Белевцев А.М. 130  
Белевцов Д.А. 27  
Беличенко М.В. 247  
Белов Н.А. 299  
Белогорлов А.А. 302  
Белозерова И.Н. 240  
Белоусов И.С. 9  
Белоусов И.Ю. 10  
Белоусов Н.А. 119, 318  
Бельский А.Б. 167  
Белявский А.Е. 199  
Беляев И.В. 23  
Беляев С.И. 120  
Березнова К.С. 261  
Бессемянников В.В. 312  
Бибишева Д.Р. 319  
Биндиман А.П. 66, 70  
Бобе Л.С. 216, 223  
Бобков И.А. 319  
Бобринёв М.М. 157  
Бобрышева А.О. 299

Богатырева Е.С. 121  
Бодаков М.А. 247  
Бойцов А.Г. 277, 284  
Больших А.А. 38  
Бон А.Ф. 200  
Бондаренко А.В. 319  
Борисенко И.А. 206, 208  
Борискин Д.Д. 186  
Борисов Д.А. 248  
Борисова Е.А. 308  
Борисова Е.В. 316  
Боровик И.Н. 66, 91, 107  
Боровков А.И. 215, 252  
Бородин Н.А. 321  
Бродский А.В. 135  
Брянцев А.А. 121  
Бубнов В.В. 320, 330  
Бурдин С.С. 321  
Бурдина А.А. 319  
Буриков М.В. 122  
Бурнышева Т.В. 9  
Бурова А.Ю. 67, 68  
Бусел Н.В. 83  
Бусурин В.И. 136  
Бухаров С.В. 189, 282, 302  
Быканов В.Д. 129  
Быков Л.В. 290  
**В**  
Валиуллин В.В. 69, 200, 248  
Ванцов С.В. 123  
Варламова Е.Ю. 322  
Варфоломеев М.С. 277  
Варюхин А.Н. 247  
Васецкий С.О. 124  
Васильев Ф.А. 201  
Васин Ю.А. 224  
Васькова В.С. 249  
Венков М.А. 69  
Версин А.А. 70  
Ветехин И.С. 282  
Ветров С.Ю. 125  
Викулин М.А. 169  
Викулов А.Г. 209  
Виноградов И.В. 126  
Виноградов М.С. 192  
Виноградов О.Н. 10  
Владимирова А.А. 157