

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
университет»

На правах рукописи

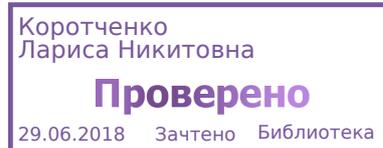
Ермошин Михаил Игоревич

**Исследование физико-механических и деформационных
характеристик авиационного материала**

Направление подготовки 22.04.01 - «Материаловедение и технологии
материалов»

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2018г.



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель

Кандидат технических наук,
Лончаков Сергей Зиновьевич

Рецензент

Кандидат технических наук,
Матвеевко Дмитрий Викторович

Защита состоится «__» июня 2018 года в __ часов __ мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» в Комсомольском-на-Амуре государственном техническом университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд.

Автореферат разослан _____ июня 2018 г.

Секретарь ГЭК

Белова Инна Валерьевна

Общая характеристика работы

Интенсивное повышение технического уровня и эффективности производства авиационной промышленности, создание, и освоение современных технологий с улучшением качества продукции определяют устойчивый интерес к проблеме оценки физико-механических и деформационных свойств материала. Свойств существенно влияющих на технологические и эксплуатационные свойства материалов, применяемых для изготовления основных узлов и обшивок авиационной техники. Особое значение приобретает проблема данных факторов в деталях и узлах ответственного назначения, условия эксплуатации, которых предполагают воздействие существенных механических нагрузок.

Целью работы является определение основных физико-механических и деформационных характеристик основных авиационных сплавов, и их сравнительный статистический анализ.

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие **основные задачи**:

- 1) изучение методов статических испытаний;
- 2) изучение влияния термической обработки на сплавы: АМг2М, Д19чАМ;
- 3) проведение исследований зависимости изменения свойств материала от направления проката и термической обработки;
- 4) разработка таблицы расчетных коэффициентов, как для направления проката, так и для термической обработки материала, с целью удешевить процесс производства;

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются сплавы следующих марок: АМг2М, Д19чАМ. Предметом исследования является оценка влияния направления проката и режима отжига на физико-механические и деформационные характеристики данных материалов.

Новизна полученных результатов. В работе представлен анализ физико-механических и деформационных характеристик авиационных сплавов такие как АМг2М, Д19чАМ. Сравнительный анализ образцов как в направлениях проката так в состоянии отжига или поставки. Разработана таблица расчетных коэффициентов для каждого параметра программы S3f.

Достоверность и обоснованность результатов исследования.

Достоверность исследования подтверждается с использованием современных независимых взаимозаменяющих элементов.

Практическая значимость и ценность работы. Практическая значимость работы заключается в получении результата – установлении влияния направления проката и термической обработки на механические свойства исследуемых сплавов. Ценность работы заключается в предложении расчета физических свойств для образцов 90° и 45° а также для состояния отжига, не проводя механических испытаний.

Личный вклад автора. Представленные в работе результаты получены лично автором или при его непосредственном участии.

Анализ литературных источников, обработка и анализ результатов исследования выполнены лично автором.

Основные положения, выносимые на защиту. Исследование изменений механических характеристик алюминиевых обшивочных листовых материалов, в зависимости от направления прокатки или параметров термообработки.

Структура и объем магистерской диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 69 страниц и включает 49 рисунка, 13 таблиц, список используемой литературы, состоящий из 14 наименований.

Основное содержание диссертации

Во введении представлено обоснования актуальности темы диссертационной работы, изложены основные направления проведённых исследований, сформулированы цель и задачи исследований.

В первом разделе представлен обзор литературных данных, посвящённых методам статических испытаний материалов, термической обработки и ее влияние на металлы и сплавы.

Во втором разделе описан выбор материала исследования, основные параметры и подготовка образцов, оборудование использованное во время эксперимента

Для исследований выбраны марки алюминия различного класса, такие как: листовой металл АМг2М применяемые для изготовления обшивочного материала в самолетостроении, так же их часто используют для изготовления гидравлического оборудования, промышленных трубопроводов, обшивки грузовых автомобилей, производства химических сосудов, работающих под давлением; сплав Д19ЧАМ применяемый для силовых элементов конструкций самолетов, кузовов автомобилей, труб.

Настоящая модель исследования проводилась для использования в программном обеспечении S3F.

S3F это система, позволяющая:

- моделировать процессы листовой обтяжки с учётом кинематики пресса.
- получать управляющие программы для системы числового управления оборудованием.

Образцы испытываются для трёх направлений проката:

- параллельно направлению проката
- перпендикулярно прокату
- под углом 45 градусов

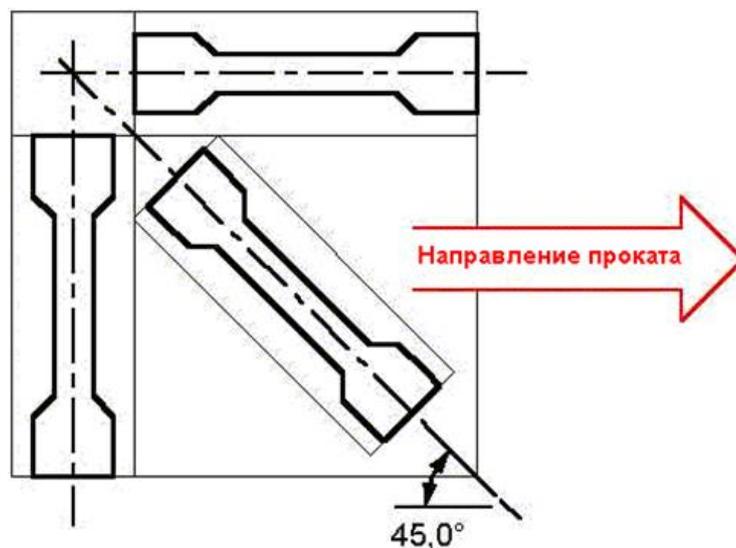


Рисунок – Расположение образцов относительно направления проката
В третьем разделе представлен метод получения исходных данных, сравнительный анализ свойств материала АМг2М и Д19чАМ, разработана таблица расчетных коэффициентов.

Первым этапом исследования является сбор исходных данных необходимых для использования в программном обеспечении S3F согласно конфигурации программы. Для каждого направления прокатки.

1. Параметр А уравнения SWIFT
2. Модуль Юнга
3. Предельная деформация при плоском деформированном состоянии
4. Предельная деформация при равноосном напряжённом состоянии
5. Параметр m уравнения SWIFT
6. Коэффициент Пуассона
7. Коэффициент анизотропии
8. Предел прочности
9. Предел текучести

Таблица 1 – Данные испытания для материала АМг2М

АМг2М прокат 0°									
толщина (мм)	A	E	ex0	ex05	m	mu	r	Rm	Rp02
1,0	274,060	66878,000	0,108	0,248	0,343	0,361	0,589	162,743	52,968

1 отжиг	269,200	65116,000	0,107	0,261	0,338	0,362	0,585	160,230	46,723
2,0	239,830	67039,000	0,087	0,253	0,265	0,337	0,610	161,493	56,007
2 отжиг	242,590	63323,000	0,097	0,264	0,285	0,336	0,631	160,890	50,288
АМг2М прокат 90°									
толщина (мм)	А	Е	ex0	ex05	m	mu	r	Rm	Rp02
1,0	250,790	69582,000	0,108	0,248	0,343	0,361	0,589	158,135	53,423
1 отжиг	249,610	57401,000	0,102	0,277	0,322	0,329	0,581	155,780	47,098
2,0	229,870	62711,000	0,089	0,255	0,255	0,337	0,578	157,420	60,313
2 отжиг	233,599	67202,000	0,098	0,277	0,277	0,353	0,561	153,920	47,700
АМг2М прокат 45°									
толщина (мм)	А	Е	ex0	ex05	m	mu	r	Rm	Rp02
1,0	256,330	65465,000	0,101	0,275	0,336	0,379	0,793	155,382	51,193
1 отжиг	252,210	63799,000	0,102	0,278	0,321	0,372	0,772	156,540	47,953
2,0	227,840	66776,000	0,097	0,269	0,259	0,339	0,778	156,398	56,578
2 отжиг	237,120	68664,000	0,102	0,273	0,286	0,373	0,764	154,950	47,510

Таблица 2 – Данные испытания для материала Д19чАМ

Д19чАМ прокат 0°									
толщина (мм)	А	Е	ex0	ex05	m	mu	r	Rm	Rp02
1,5	219,155	66292,000	0,080	0,214	0,232	0,313	0,693	143,195	53,896
1,5отжиг	224,029	59801,000	0,099	0,218	0,268	0,322	0,632	137,930	39,870
2,5	271,314	66108,000	0,110	0,226	0,261	0,338	0,612	171,573	53,326
2,5 отжиг	258,962	68817,000	0,088	0,241	0,275	0,339	0,581	161,893	49,237
Д19чАМ прокат 90°									
толщина (мм)	А	Е	ex0	ex05	m	mu	r	Rm	Rp02
1,5	198,138	64261,000	0,080	0,205	0,221	0,346	0,587	131,640	49,700
1,5отжиг	214,180	62391,000	0,096	0,215	0,278	0,349	0,547	129,164	36,495
2,5	250,089	64985,000	0,095	0,232	0,241	0,346	0,555	171,743	58,073
2,5 отжиг	242,469	66969,000	0,087	0,228	0,272	0,326	0,594	147,975	45,433
Д19чАМ прокат 45°									
толщина (мм)	А	Е	ex0	ex05	m	mu	r	Rm	Rp02
1,5	188,550	63078,000	0,093	0,242	0,221	0,329	0,754	130,990	48,834
1,5отжиг	196,709	60537,000	0,112	0,246	0,268	0,336	0,799	127,051	36,710
2,5	235,092	67930,000	0,097	0,239	0,251	0,367	0,873	155,023	48,555
2,5 отжиг	233,334	66224,000	0,052	0,260	0,280	0,328	0,802	146,062	40,472

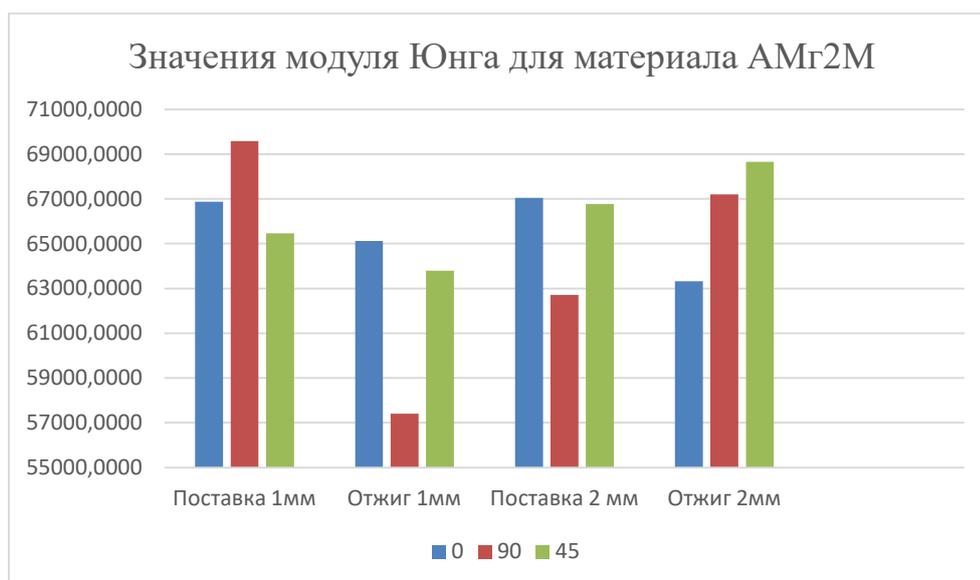


Рисунок 2 – график значений модуля Юнга для материала АМг2М

Исходя из графика значений модуля Юнга для материала АМг2М можно заметить резкое изменение показателей для образцов 1мм 90° подверженные отжигу, для образцов в 0° и 45° изменения незначительны. Сплав в испытаниях образца 1мм 90° показал наивысшие значения модуля Юнга, в то же время в состоянии отжига – наименьшее.

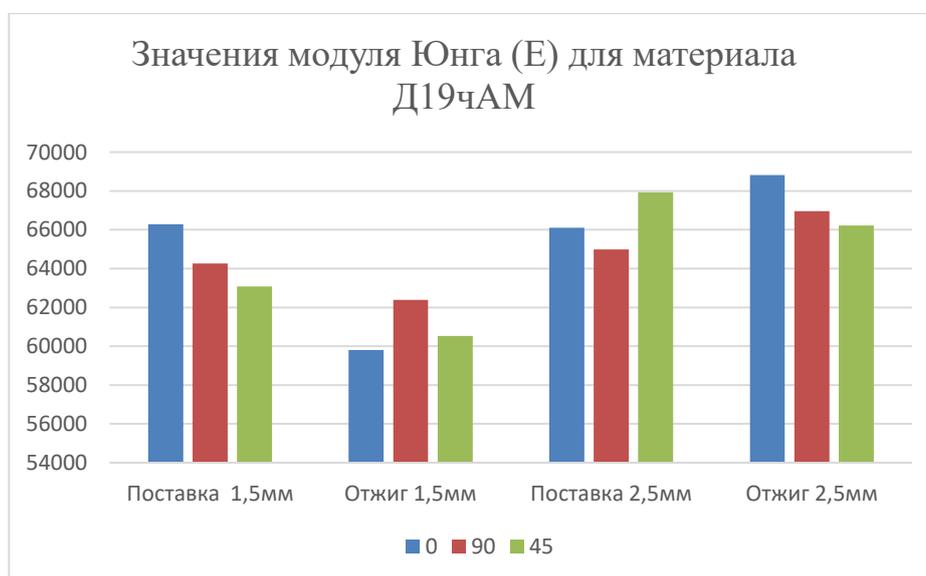


Рисунок 3 – график значений модуля Юнга для материала Д19чАМ

Для материала Д19чАМ наивысшим показателем модуля Юнга в состоянии поставки обладает сплав толщиной 1,5 мм с прокатом в 0°, тем не менее в состоянии отжига имеет самый низкий показатель.

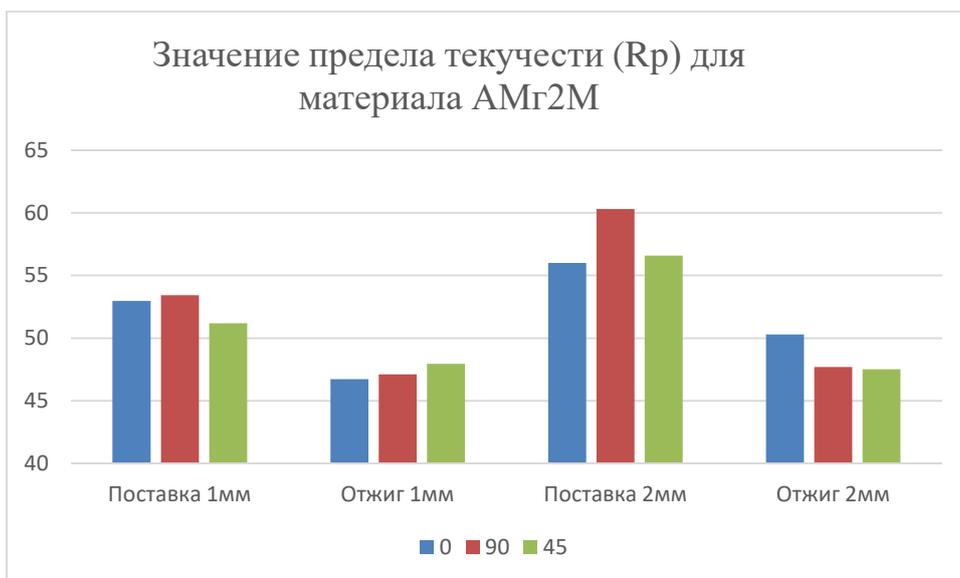


Рисунок 4 – предел текучести для материала АМг2М

Значения предела текучести для образцов толщиной в 1мм в общем плане уменьшается для состояния отжига в пределах $\approx 13\%$. Самым высоким показателем обладает прокат 90° .

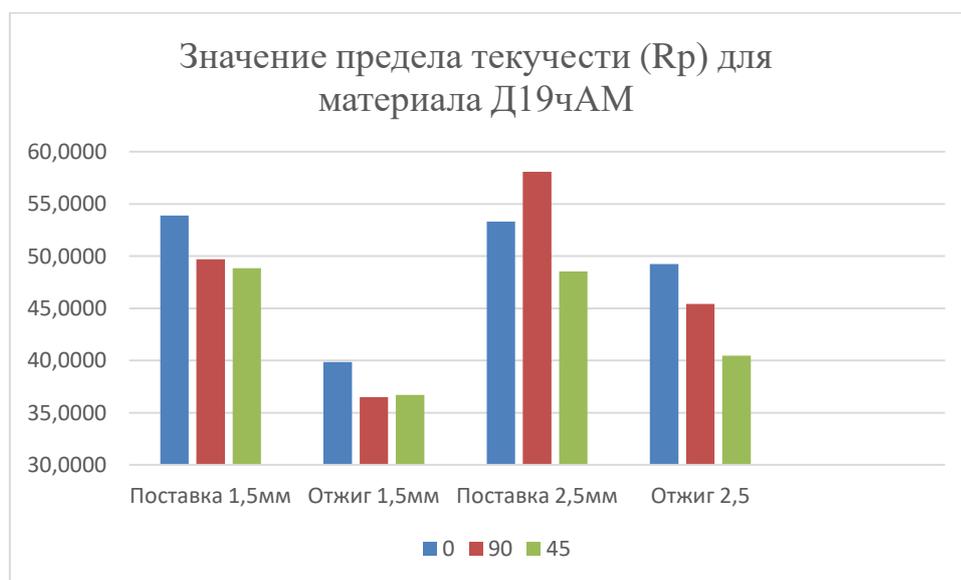


Рисунок 5 – предел текучести для материала Д19чАМ

Материал Д19чАМ толщиной 1,5мм при отжиге показал результаты ниже на 15-25% от состояния поставки, для образцов толщиной 2,5мм в состоянии отжига для проката 90° , уменьшение предела текучести составило 14%, для образцов 0° –8% и 45° –17% от состояния поставки.

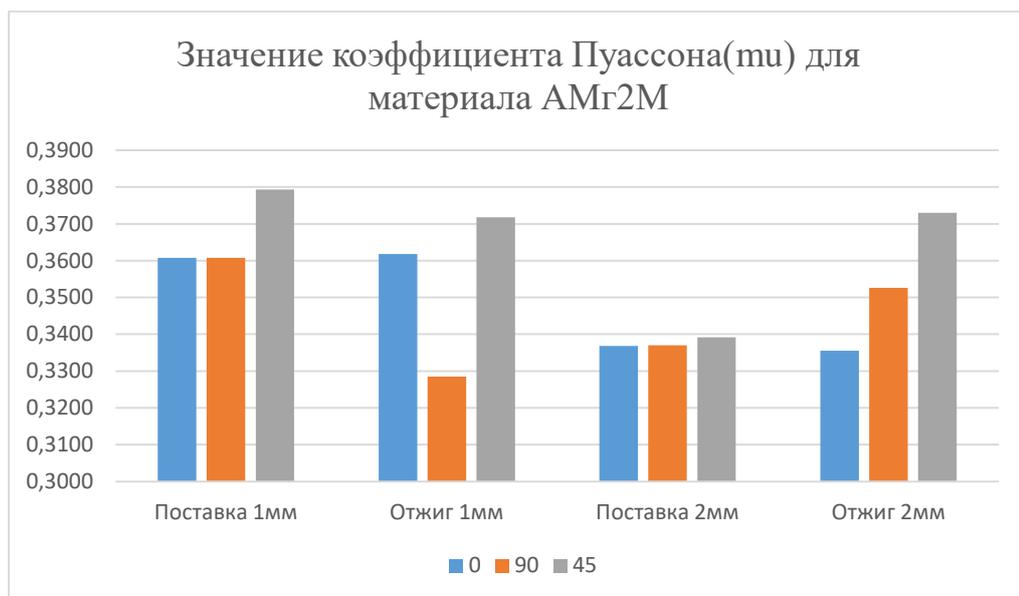


Рисунок 6 – коэффициент Пуассона для материала АМг2М

Коэффициент Пуассона материала АМг2М 1мм и прокатом 90° снижается на 12% при отжиге, в то время как для направления проката 0° остается неизменным, а для 45° изменения незначительны. Для образцов толщиной 2мм 90°и 45° направления проката, характерно увеличение коэффициента Пуассона на 7 и 13% соответственно. Направление проката 0° не претерпевает каких-либо значительных изменений.

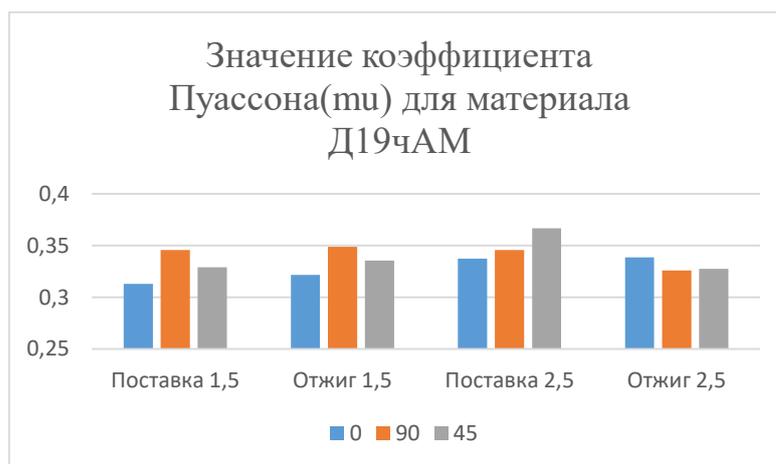


Рисунок 7 – коэффициент Пуассона для материала Д19чАМ

Для всех направлений проката, кроме проката толщиной 2,5мм и 45°, материала Д19чАМ не имеют значительных изменений в показателях в состоянии отжига. Для направления проката 2,5мм 45° падение коэффициента Пуассона в состоянии отжига составило 15%

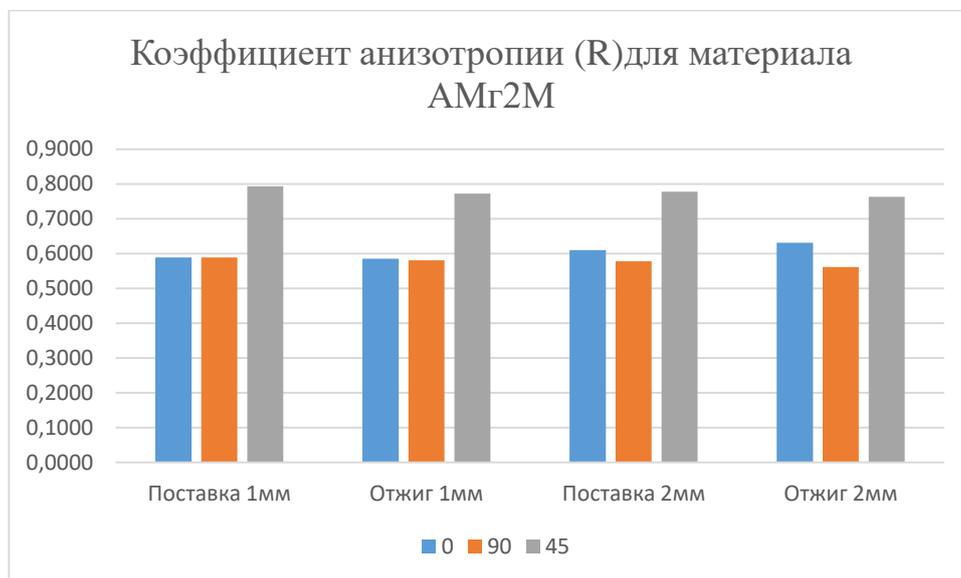


Рисунок 8 –коэффициент анизотропии для материала АМГ2М

Коэффициенты анизотропии при толщине 1мм и для направлений проката 90° и 0° меняются незначительно, разница составляет не более 2%. Для толщины в 2мм и направлений проката 90° и 0° показатели изменения анизотропии при отжиге не более 4%. Самыми большими показателями анизотропии обладают образцы под углом к направлению проката в 45°, в обоих случаях отжиг уменьшил показатель на 3%.

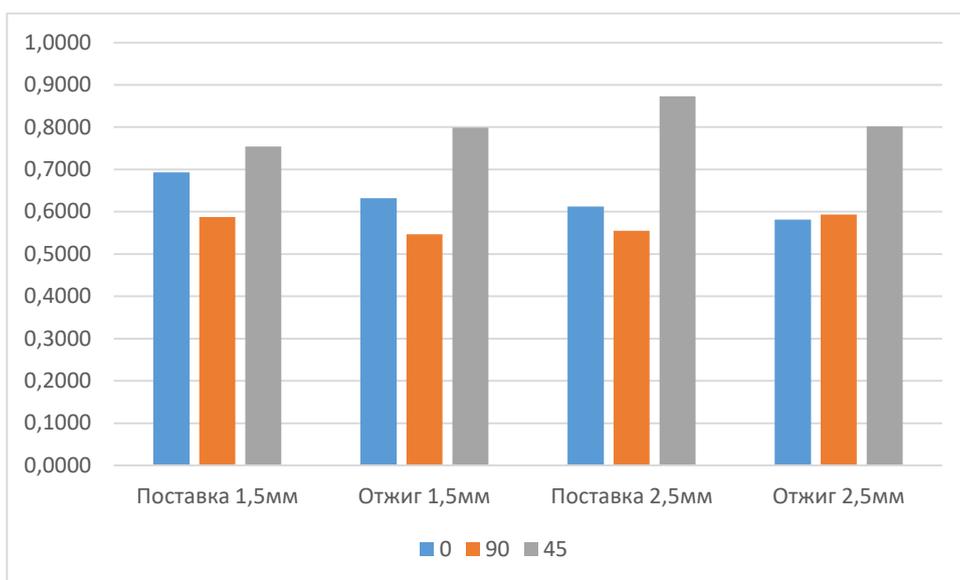


Рисунок 9 – коэффициент анизотропии для материала Д19чАМ

Коэффициенты анизотропии снижаются при отжиге для образцов 1,5мм и направления проката 0° и $90^\circ \approx 9\%$. Для проката 45° увеличение анизотропии на 7%. В обоих случаях материал при толщине в 1,5мм и прокатом 45° обладает самым высоким уровнем коэффициента анизотропии.

Для толщины 2,5мм коэффициент анизотропии падает на 6% для 0° , 8% для 45° , для направления проката 90° увеличение показателя на 7%.

Таблицы расчетных коэффициентов.

Для направлений проката 90° и 45° построена таблица расчетных коэффициентов.

Таблица 3 – расчетные коэффициенты направления проката для материала АМг2М 90° и 45°

	Таблица расчетных коэффициентов материала АМг2М								
	Коэффициенты 0° и 90°								
толщина (мм)	A	E	e_{x0}	e_{x05}	m	m_u	r	Rm	Rp02
1,0	1,093	1,040	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,972	1,009
1 отжиг	1,078	1,134	1,047	1,049	1,049	1,101	1,007	1,029	1,008
2,0	1,043	1,069	1,023	0,991	1,038	1,001	1,056	1,026	1,077
2 отжиг	1,038	1,061	1,009	1,048	1,029	1,051	1,125	1,045	1,054
	Коэффициенты 0° и 45°								
1,0	1,069	1,022	1,063	0,904	1,021	1,051	1,347	1,047	1,035
1 отжиг	1,067	1,021	1,050	1,064	1,052	1,028	1,320	1,024	1,026
2,0	1,053	1,004	1,112	1,062	1,023	1,007	1,275	1,033	1,010
2 отжиг	1,023	1,084	1,053	1,035	1,004	1,112	1,210	1,038	1,058

Таблица 4 – расчетные коэффициенты направления проката для материала Д19чАМ 90° и 45°

Таблица расчетных коэффициентов материала Д19чАМ									
Коэффициенты 0° и 90°									
толщина (мм)	A	E	ex0	ex05	m	mu	r	Rm	Rp02
1,5	1,106	1,032	1,004	1,041	1,051	1,105	1,180	1,088	1,084
1,5 отжиг	1,046	1,043	1,026	1,014	1,036	1,084	1,156	1,068	1,092
2,5	1,085	1,017	1,161	1,024	1,086	1,024	1,104	1,001	1,089
2,5 отжиг	1,068	1,028	1,014	1,060	1,010	1,038	1,022	1,094	1,084
Коэффициенты 0° и 45°									
1,5	1,051	1,019	1,168	1,181	1,002	1,051	1,284	1,005	1,018
1,5 отжиг	1,089	1,031	1,164	1,142	1,037	1,040	1,462	1,017	1,006
2,5	1,064	1,045	1,023	1,030	1,043	1,061	1,574	1,108	1,196
2,5 отжиг	1,039	1,011	1,661	1,140	1,029	1,005	1,350	1,013	1,123

Для термической обработки построена таблица поставки и отжига для всех направлений проката.

Таблица 5 – коэффициенты отжига для материала АМг2М всех направлений проката.

Таблица расчетных коэффициентов материала АМг2М									
Коэффициенты поставки и отжига 0°									
толщина (мм)	A	E	ex0	ex05	m	mu	r	Rm	Rp02
1,0	1,018	1,027	1,005	1,050	1,015	0,997	1,007	1,016	1,134
2,0	1,012	1,059	1,114	1,043	1,077	1,004	1,034	1,004	1,114
Коэффициенты поставки и отжига 90°									
1,0	1,005	1,212	1,052	1,114	1,065	1,098	1,014	1,015	1,134
2,0	1,016	1,072	1,099	1,084	1,086	1,046	1,030	1,023	1,264
Коэффициенты поставки и отжига 45°									
1,0	1,016	1,026	1,008	1,010	1,045	1,020	1,028	1,007	1,068
2,0	1,041	1,028	1,054	1,016	1,107	1,100	1,019	1,009	1,191

Таблица 6 – коэффициенты отжига для материала Д19чАМ всех направлений проката.

Таблица расчетных коэффициентов материала Д19чАМ									
Коэффициенты поставки и отжига 0°									
толщина (мм)	A	E	ex0	ex05	m	mu	r	Rm	Rp02
1,5	1,022	1,109	1,243	1,021	1,156	1,028	1,097	1,038	1,352
2,5	1,048	1,041	1,255	1,066	1,051	1,003	1,053	1,060	1,083
Коэффициенты поставки и отжига 90°									
1,5	1,081	1,030	1,207	1,049	1,258	1,009	1,074	1,019	1,362
2,5	1,031	1,031	1,096	1,018	1,130	1,060	1,071	1,161	1,278
Коэффициенты поставки и отжига 45°									
1,5	1,043	1,042	1,203	1,014	1,212	1,020	1,059	1,031	1,330

2,5	1,008	1,026	1,862	1,087	1,115	1,120	1,089	1,061	1,200
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Для данных коэффициентов требуется испытание только для направления проката 0° . Исходя из этих коэффициентов можно предположить физические свойства того или иного направления проката

Заключение

В работе проведены исследования основных физико-механических и деформационных характеристик для сплавов АМг2М и Д19чАМ. Проведен сравнительный анализ влияния направления проката и термической обработки на свойства материала.

На большом исследовательском материале проведён анализ графиков деформирования алюминиевых сплавов АМг2М, Д19чАМ, проанализированы главные механические характеристики: модуль Юнга, предельная деформация при плоском деформированном состоянии, предельная деформация при равноосном напряжённом состоянии, коэффициент Пуассона, коэффициент анизотропии, предел прочности, предел текучести и сопутствующие: Параметр А уравнения SWIFT, предельная деформация при плоском деформированном состоянии, предельная деформация при равноосном напряжённом состоянии, параметр m уравнения SWIFT.

Для каждого термического перехода, толщины, направления прокатки и марки материала вычислены пересчётные коэффициенты, построены графики (гистограммы) изменения механических характеристик.