

УДК 621.9

DOI: 10.53297/18293387-2022.1-67

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ
ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ
МАЛОЙ ЖЕСТКОСТИ, И АНАЛИЗ МАРОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Д.Г. Юрмузян, А.Л. Аршакян, О.С. Чибухчян, Б.С. Баласанян

Национальный политехнический университет Армении

Детали машин из сплавов малой жесткости в основном применяются в специальной технике или летательных аппаратах благодаря своей легкости и прочностным свойствам. Для производителей летательных аппаратов важное значение имеет использование в производстве эффективных современных технологий, которые бы позволили применять сплавы с заданными свойствами.

Инструментальные компании активно изучают процессы резания труднообрабатываемых материалов с целью обеспечения желаемого качества, снижения стоимости изготавливаемых деталей, а также разработки решений для достижения максимально возможной производительности. В первую очередь это касается формирования инструментов специальной геометрии.

Тема резки труднообрабатываемых материалов раскрывается по типу обработки (токарная, фрезерная, сверлильная) и характеристикам различных труднообрабатываемых материалов, таким как малая жесткость. Еще в 1974г. В.Н. Подураев упоминает в своем руководстве о резке твердых материалов: “В процессе резания происходит большое количество тесно связанных между собой явлений, составляющих сложный физико-химический механизм обработки. Поэтому важно рассмотреть специфику обработки типовых материалов резанием”.

Исходя из вышеизложенного, необходимо прежде всего изучить труднообрабатываемые материалы и металлы.

В данной статье представляется разновидность деталей из труднообрабатываемых металлов и проведен анализ марок используемых материалов. Материалы были классифицированы по применяемым процессам лезвийной обработки, степени обрабатываемости, а также по характеристикам текучести и пластичности.

Ключевые слова: малая жесткость, труднообрабатываемые металлы, сплавы, резание, фрезерование.

Введение. Одной из важнейших задач в производстве современных летательных аппаратов (ЛА) является создание новых технологических процессов производства деталей машин, которые позволят повысить

прочность, надежность и экономичность изделия в случае снижения их массы. В связи с этим в настоящее время в агрегатах, узлах и механизмах различных ЛА широко применяются детали машин из различных материалов [1-3]. Материалы, используемые для создания ЛА, должны отвечать ряду требований, в частности - высокие прочностные характеристики в широком диапазоне изменения температуры и внешних воздействий, малая плотность, высокие технологические свойства (применение различных методов обработки при производстве), дешевизна исходного материала и легкость его обработки [3-6].

Следует отметить, что используемые материалы плохо поддаются обработке и обладают пластическими свойствами. Поэтому необходимы инструментальные решения для резания труднообрабатываемых материалов, направленные на увеличение срока службы инструмента, повышение производительности, достижение стабильно однородного качества обрабатываемых поверхностей, а также использование новейших технологий резания. Учитывая соотношение “цена-масса-прочность” для сплавов, в ряде случаев целесообразнее использовать труднообрабатываемые сплавы малой жесткости. Таким образом, повышение эффективности лезвийных процессов резания низкопрочных твердообрабатываемых сплавов является актуальной задачей

Целью работы является анализ разновидностей деталей машин из низкопрочных твердых сплавов, марок применяемых материалов, классификация по используемым лезвийным процессам обработки, степени обрабатываемости, предела текучести, характеристик пластичности.

Виды деталей. В современных авиационных конструкциях широко используются высокопрочный алюминий, магниево-титановые сплавы, высокопрочные углеродистые, легированные и нержавеющей стали, различные пластмассы, а также многослойные композиционные материалы (КА).

На рис.1 и 2 представлены структура ЛА и детали машин, используемые в основных конструктивных элементах [3,5].

Кроме упомянутых на рисунках деталей машин, применяют такие простые детали, как втулки, оси и тяги. Втулки также используются в многослойных КМ для повышения прочности в болтовых соединениях. Детали ЛА различного назначения и отдельные их элементы в настоящее время изготавливают в основном из алюминиевых сплавов, нержавеющей сталей, латуни, бронзы, титановых сплавов, а для наиболее нагруженных участков применяют высокопрочные легированные стали, титановые сплавы и др. [3-8].

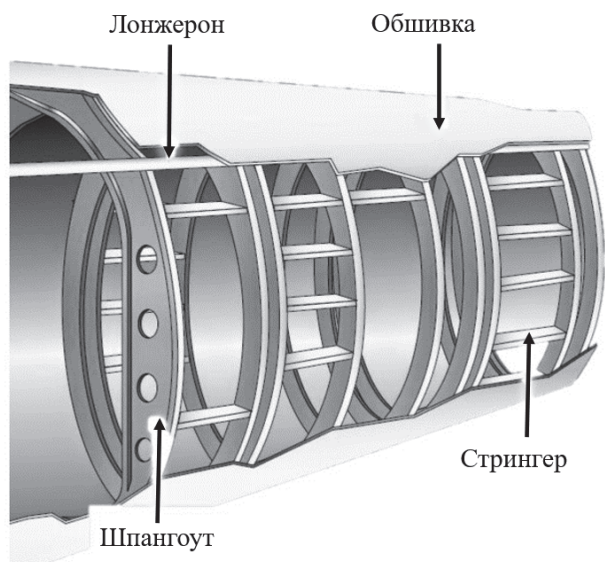


Рис.1. Типовая конструкция фюзеляжа ЛА и используемые детали машин

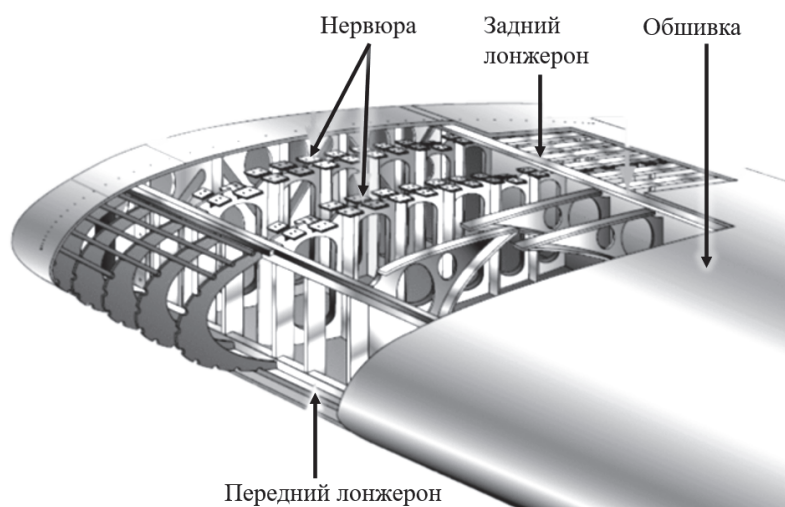


Рис.2. Типовая структура крыла ЛА и используемые детали машин

Широкое применение титановых сплавов требует повышения их механических свойств и уровня стабильности, что особенно важно сейчас, когда использование дорогостоящих титановых сплавов в соотношении “цена-качество” должно быть особенно эффективным [9,10]. Сказанное напрямую связано с применением новых технологий и нанопокровтий, а также

разработкой необходимых термомеханических параметров для изготовления деталей машин с требуемой текстурой [9,11].

В последние годы в авиационной промышленности все шире используются композиционные материалы в различных конструкциях ЛА. Исследования показали, что в планере и конструкции салона самолета ТУ-204 производства РФ объем КМ составляет 14%, а самолете А-380 - до 25% [1]. Использование композиционных полимерных материалов (КПМ) в конструкциях ЛА составляет 5,6% от их общей массы на самолетах российского и украинского производства и 9,3% на самолетах американского и европейского производства [11,12]. В структуре планера КПМ по массе составляют: Boeing-787 (США) - 50%, Airbus-A380 - 30%, Airbus-A350 (Европа) - 50% [13].

Установлено, что применение КМ в несилевых агрегатах ЛА позволяет сэкономить вес этих конструкций до 15...20%, при этом в настоящее время несилевые элементы составляют не более 30...40% конструкции современных планеров ЛА [12]. К числу основных недостатков КМ относятся низкий порог пробивной текучести, строгое ограничение ударных нагрузок, нестабильные свойства [9,11,12].

В большинстве ЛА обшивка выполнена из листов дюралюминия, а в сверхзвуковых самолетах – из стали или титановых сплавов [3-5,7].

Анализ марок применяемых материалов. Алюминий и его сплавы являются наиболее широко используемым материалом в конструкциях ЛА. Алюминиевые сплавы в основном используются для изготовления стрингеров, нервюр, обшивок и других деталей машин. Основными методами обработки для получения деталей машин являются деформационный метод и обработка резанием. Химическая обработка также используется в случае обработки обшивок. По критерию достижения шероховатости алюминиевые сплавы можно отнести к группе труднообрабатываемых материалов [3,13]. Высокая шероховатость обрабатываемой поверхности этих материалов связана с их основными механическими свойствами: высокой пластичностью и ударной вязкостью, что приводит к образованию элементарных стружек, значительному удлинению зерен металла в направлении разделения стружек и вибрациям технологической системы.

По способу обработки алюминий и его сплавы можно разделить на две группы. Первая группа – это чистый алюминий и его сплавы, не содержащие большого количества кремния (до 3...5%). В процессе резания этих металлов износ режущих инструментов невелик. Вторая группа - легированные сплавы с относительно высоким содержанием кремния (до 9% и более) и твердых частиц - силицидов, вследствие чего резцы сильно изнашиваются [13,14].

В целом основными проблемами при обработке значительной части алюминиевых сплавов являются возникновение термических деформаций,

приводящее к снижению точности, а также низкое качество шероховатости обрабатываемой поверхности [14,15].

Причина некачественной шероховатости при резке алюминиевых сплавов связана с возникновением шлакообразования. Известно, что особенностью алюминиевых сплавов является их склонность прилипать к обрабатываемому материалу на режущем лезвии, что приводит к образованию неустойчивого сдвига. Последнее сильно влияет на качество обрабатываемой поверхности [16].

Неустойчивость образования стружек вызвана отрицательным влиянием нароста, характерным для алюминиевых сплавов. Это связано с тремя причинами: 1) особая роль упрочняющего фактора при деформации, характерная для всех мягких сплавов; 2) высокая теплопроводность алюминиевых сплавов, уравнивающая зависимость температуры резания от скорости резания и способствующая расширению диапазона режимов, в которых существует рост; 3) аномально высокое соотношение оксидов алюминия и механических свойств слоев алюминиевых сплавов, вызывающее отрицательный градиент механических свойств по глубине контакта в среде, содержащей окислитель [16,17].

Основными причинами труднообрабатываемости алюминиевых сплавов являются:

- значения механических свойств материалов, в основном предела текучести, ударной вязкости и коэффициента пластичности;
- теплофизические свойства материалов, в основном теплопроводность, низкое значение которой приводит к значительной концентрации тепловой энергии непосредственно в зоне контакта режущего клина с заготовкой и прилегающими поверхностными слоями, что вызывает высокие температуры в зоне контакта, на поверхности инструмента и заготовки;
- адгезионный характер износа режущей кромки.

По обрабатываемости лезвийным режущим инструментом алюминиевые сплавы можно разделить на две группы в зависимости от состояния [13,18]. К первой группе относятся те алюминиевые сплавы, которые являются мягкими (имеют малую жесткость) и пластичными и вызывают проблемы при резке (табл. 1). Ко второй группе относятся относительно твердые и прочные сплавы, которые достаточно просто обрабатываются лезвийным резанием (табл. 1).

Если нет необходимости в высокой производительности, то эти сплавы можно обрабатывать стандартными инструментами, в противном случае - в случае увеличения скорости и повышения качества необходимо использовать специальные инструменты.

Таблица 1

Алюминиевые сплавы по степени обрабатываемости

Группа	Вид	Марка сплава
Первая: мягкие и пластичные	отожженные	Д16
	отожженные	АВ
	не подвергнутые термической обработке	АМц
	не подвергнутые термической обработке	АМг2, АМг3, АМг5, АМг6
Вторая: твердые и прочные	закаленные и искусственно состаренные	Д16Т, Д16Н
	закаленные и искусственно состаренные	АВТ
	кованные	АК6, АК8, АК4-1
	литые	АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ8, АЛ27, АЛ1, АЛ21, АЛ33

Исследования по обработке специальным инструментом отожженного дюралюминия марки Д16 проводились в Национальном политехническом университете Армении [19]. При проведении исследований использовались токарные резцы с многоступенчатым лезвием. Выходными факторами являлись составляющие полной силы резания, амплитуды автоколебаний резцедержателя, температура зоны резания, величина шероховатости обрабатываемых поверхностей и интенсивность износа многолезвийного резца. По результатам исследований установлено [19], что в процессе обработки резцом с многоступенчатым лезвием можно снизить среднюю температуру резания до двух раз, нагрузку на металлорежущий станок - в 1,6...2 раза, уменьшить неровность обрабатываемой поверхности в 1,5...2 раза и повысить производительность. Экспериментальные исследования подтвердили зависимость глубины резания единичной ступени резания от расстояния между их вершинами в направлении подачи, при котором возникают сетчатые и многопоточные резы [19,20].

При изучении эффективности фрезерной обработки установлено, что тесной связи между шероховатостью обработки и параметрами режима резания нет [21]. Цель работы заключалась в разработке методики расчета характеристических параметров процесса фрезерования высокопрочных

алюминиевых сплавов [21]. На шероховатость в основном влияют параметры оборудования: допустимый крутящий момент на валу, мощность, жесткость.

Следующим материалом, используемым в конструкциях ЛА, являются медь и ее сплавы, латунь и бронза [3]. Из них в основном изготавливают крепежные детали из латунных сплавов, болты и оправки, а также в ряде случаев шестерни, детали насосных машин и валы. Латунь представляет собой сплав меди с цинком, соотношение которых зависит от вида получаемой латуни. Если основным компонентом сплава является цинк, а следов других элементов очень мало, латунь называют двухкомпонентной.

Если, кроме цинка и меди, присутствуют и другие добавки (железо, мышьяк, свинец, никель, марганец, олово, алюминий, кремний) в количестве не более нескольких процентов, латунь является многокомпонентной. Ее компоненты образуют гальваническую пару в присутствии раствора электролита (вода и др.). Кроме того, более активный металл – цинк – разрушается. Начинается процесс обесцинчивания латуни. Это вызывает коррозию и разрушение латуни, что сопровождается потемнением поверхности материала и выделением на нем белых оксидов цинка.

По этой причине не допускается использование латунных соединений с элементами из стальных, бронзовых или алюминиевых сплавов. Детали с латунью можно соединять только с помощью химически инертных пластмассовых (полиамидных и др.) стержней [22, 23]. Плотность латуни, как одно из ее физических свойств, мало отличается от плотности меди. При превышении допустимого количества кремния в сплаве латунь будет иметь меньшую плотность и прочность.

Основными преимуществами латуни являются:

- коррозионная стойкость при нахождении изделия в атмосфере воздуха, морской воде, в большинстве органических и угольных кислот. Кроме того латунь более устойчива к процессам окисления, чем нержавеющая сталь;
- легкая обрабатываемость закалкой или штамповкой;
- низкая теплопроводность, поэтому при понижении температуры свойства продукта не меняются.

Основные области применения латуни — химическая, авиационная и судостроительная промышленность, холодильная техника, электротехника и энергетика, производство высокоточных электронных приборов и датчиков. Обрабатываемость латуней резанием зависит от их фазового состава. При резке однофазной α -латуни кромки удлиняются, вращаются вокруг реза, ухудшается качество обрабатываемой поверхности. Двухфазные латуни $\alpha+\beta$ лучше поддаются механической обработке, чем однофазные. Увеличение содержания β' -фазы в структуре делает сталь более хрупкой и нежной, улучшается качество поверхности заготовки. Количественную оценку обрабатываемости латуни определяют путем сравнения с латунью ЛС63-3,

обрабатываемость которой принята за 100%. Так, например, обрабатываемость резанием однофазной α -трубки Л90 составляет 20%, двухфазной Л63 — 40% по сравнению с латунью ЛС63-3. В табл. 2 представлены латунные сплавы с основными областями применения и сравнительные результаты их обрабатываемости с Л63-3, а также наиболее распространенные марки латуни, их фазовое и составное количества и результаты оценки обрабатываемости лезвием.

Таблица 2

Обрабатываемость латуни

Марка сплава	Кол-во фаз	Количество компонентов	Способность работать резанием, %
Л63	а	два	40
Л68	а	два	30
Л70	а	два	30
ЛА77-2	а	многокомп.	30
ЛА85-05	а	многокомп.	30
ЛК80-3	а	многокомп.	30
ЛМц58-2	а	многокомп.	25
ЛОК59-1-0.3	а	многокомп.	30
ЛО60-1	а	многокомп.	40
ЛН65-5	а	многокомп.	30
ЛС59-1	а+б	многокомп.	100
ЛС63-3	а+б	многокомп.	100

К латуни, применяемой для изготовления крепежных изделий, относится марка ЛС59-1. Этот многокомпонентный сплав содержит до 60% меди; 42,2% цинка; 1,9% свинца и 0,75% других примесей. Температура плавления - 885...895 °С. Такая латунь отлично обрабатывается давлением, но применяется в основном для изготовления деталей лезвийной резкой. Свинец облегчает обработку фрезерованием и точением [22-24].

Далее в конструкциях ЛА используются бронзовые сплавы [3]. Применение бронзы в самолетах более широкое по сравнению с легированными сталями из-за отношения прочности к весу. Алюминиевые бронзы почти так же прочны, как углеродистая сталь, и обладают высоким уровнем коррозионной стойкости в воздухе, в соленой воде и в химических средах. Бронзеры очень легко твердеют. Алюминиевые бронзы обладают достаточно высокой прочностью и устойчивостью как к ударам, так и к

усталости. Благодаря этим свойствам из них изготавливают диафрагмы, шестерни, пружины, болты и другие детали машин [3].

По основным легирующим элементам сплава бронзы делятся на оловянные, бериллиевые, свинцовые и кремниевые. По технологическим признакам бронзы также делятся на ковкие и деформируемые [23,25,26].

Оловянно-фосфорные бронзы БрОФб, 5-0,15; Бр 0Ф 7-0,2 хорошо обрабатываются резанием и деформацией, паяются и свариваются. Эти бронзы используются для производства деталей инструментов, подшипников малой грузоподъемности.

Оловянно-свинцово-цинковая бронза БроЦС 5-5-5 обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и пресной воде, хорошо обрабатывается ножевым резанием. Используется для производства различных дверей, уплотнителей и других деталей.

Конструкционная алюминиево-железная бронза БраЖ 9-4, обладающая высокой коррозионной стойкостью, хорошо обрабатывается деформацией. Такая бронза широко используется для изготовления шестерен, оправок и других деталей машин.

Алюминиево-железо-никелевые - БраЖН 10-4-4, алюминиево-железо-марганцевые - БпАЖМц 10-3-1,5 и алюминиево-железо-марганцевые - БпАЖМц 10-3-1,5 бронзы обладают высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и морской воде. Применяются также для изготовления шестерен, оправок, шкивов, а БпАЖМц 10-3-1,5 - и для производства других деталей, работающих в условиях высоких температур.

В последние годы получили распространение бериллиевые бронзы, обладающие высокой износостойкостью, высокими пределами прочности и долговечности. Они могут работать при температуре от -299 до +250 °С. Широкое использование бериллиевых бронз ограничивается высокой стоимостью и токсичностью бериллия. Бериллиевые бронзы БрБ 2 и др. применяют для изготовления мембран, труб и других деталей приборов, работающих при переменных температурах и нагрузках.

Обрабатываемость режущей кромкой бронзы также сравнивается с латунью ЛС63-3, принимая обрабатываемость последней за 100%. Обрабатываемость практически всех бронз составляет 20% (по сравнению с ЛС63-3). Исключение составляет оловянно-свинцовая бронза БроЦС, обладающая очень хорошей обрабатываемостью (90% по сравнению с ЛС63-3).

Заключение

На основе анализа используемых материалов и металлических сплавов были выбраны материалы, применяемые для изготовления деталей машин ЛА, но обладающие низкой твердостью и плохо поддающиеся обработке в

лезвийных процессах резания. В табл. 3 представлены типы деталей машин из труднообрабатываемых металлов малой жесткости и марки используемых материалов, которые были классифицированы по применяемым процессам лезвийной обработки, пределу текучести и характеристикам пластичности.

Таблица 3

Классификация труднообрабатываемых сплавов малой прочности

Деталь	Способ обработки резанием	Марка сплава	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение при сдвиге, δ %
Стрингер Лонжерон Нервюра Шпангоут Обшивка	Фрезерование Сверление	Д16	320	20
		АМг2	100	25
		АМг3	120	25
		АМг6	270-300	20
Втулка Ось Болт Стержень	Токарная обработка Сверление	Л63	135	45
		Л68	135	55
		Л70	130	55
		БрАЖ 9-4	250-350	35-40

Согласно анализу, выбранные сплавы используются в конструкции ЛА, но в основном их получают деформационными процессами. Учитывая, что в современных самолетах используется большое количество деталей машин, получаемых в процессе резки, резка происходит быстрее и не требует проектирования и подготовки специальных приспособлений.

В ряде случаев по соотношению “цена-масса-прочность” целесообразнее использовать труднообрабатываемые сплавы малой жесткости. Учитывая указанное выше обстоятельство, важно найти новые пути повышения эффективности лезвийных процессов резания при обработке труднообрабатываемых сплавов малой жесткости.

В дальнейшем будут проведены исследования по обработке отдельных труднообрабатываемых материалов многоступенчатыми лезвийными фрезами в токарных, фрезерных и сверлильных процессах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета по науке при Министерстве образования, науки, культуры и спорта РА в рамках тематики научно-исследовательской базовой лаборатории “Машиностроительные технологии” ИПУА, а также в рамках научного проекта № 21Т-2D199.

Литература

1. **Подураев В.Н.** Резание труднообрабатываемых материалов. - М.: Высш. шк., 1974. - 578 с.
2. **Гришин В.И., Дзюба А.С., Дударьков Ю.И.** Прочность и устойчивость элементов и соединений авиационных конструкций из композитов.– М.: Физматлит, 2013.- 272 с.
3. **Форсайт** развития авиационной науки и технологий до 2030 года и на дальнейшую перспективу / Науч. ред.: С. Л. Чернышев; Ответственные редакторы: Ф. А. Симонов, А.Ю. Уджуху, ФГУП «ЦАГИ». – М., 2014.- 280 с.
4. **Megson T.H.G.** Aircraft Structures for Engineering Students. - 6th edn. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. - 910 p.
5. Конструкция и прочность летательных аппаратов гражданской авиации: Учебник для вузов гражданской авиации / **М.С. Воскобойник, П.Ф. Максютинский, К.Д. Миртов и др.** – М.: Машиностроение, 1991.– 448 с.
6. **Житомирский Г.И.** Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей ВУЗ-ов.-3-е изд., перераб и доп. - М.: Машиностроение, 2005.- 406 с.
7. Динамика полета транспортных летательных аппаратов: Учеб. для вузов гражд. авиации / **А.Я. Жуков, В.И. Егоров, А.Л. Ермаков и др.**- М.: Транспорт, 1997. - 325 с.
8. **Никитин Г.А., Баканов Е.А.** Основы авиации: Учебник для вузов гражданской авиации. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984.– 261 с.
9. **Пуденков Н.М.** Применение углепластиков в авиастроении // Современные наукоемкие технологии.- 2013.- № 8-2.- С. 223-224.
10. **Илларионов А.Г., Попов А.А.** Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2014.– 137 с.
11. **Чибухчян О.С.** Состояние и перспективы развития воздушного транспорта в ЕАЭС // Логистика (г. Москва).-2019.-№10, ISSN: 2219-7222. - С. 42-45.
12. **Чибухчян О.С.** Развитие беспилотных летательных аппаратов в ЕАЭС: Проблемы и решения // Транспорт: наука, техника, управление.- 2019. -№ 12.- С. 72-76.
13. **Савин С.П.** Применение современных полимерных композиционных материалов в конструкции планера самолетов семейства МС021 // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2012.- Т. 14, №4 (2).- С. 686-693.
14. **Куликов М.Ю., Иноземцев В.Е., Нечаев Д.А., У Мо Нанг.** Совершенствование способа чистовой анодно-механической обработки цветных металлов и их сплавов // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2014. - № 11. - С. 19-22.
15. **Breyev S.V., Serebrennikova A.G.** Hard-to-machine material high-speed milling. Workability peculiarities at milling // Proceedings. - 2013. - IV-1(16). - P. 59-64.
16. **Stepanov A.V.** High-speed milling in Modern Industry // CAD/CAM/CAE Observer.- 2003. - № 4 (13). - С. 2-8.
17. **Суслов А.Г.** Качество поверхностного слоя деталей машин. - М.: Машиностроение, 2000. - 154 с.
18. **Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин и др.** - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 448 с.

19. **Гараян А.В.** Повышение устойчивости процесса многолезвийной обработки регулированием числа одновременно работающих лезвий: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.02 / Гос. инж. ун-т Армении.– Ереван, 2008. - 22с.
20. **Юрмузян Д.Г.** Повышение эффективности обработки металлов применением резца с многоступенчатым лезвием: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.02 / Гос. инж. ун-т Армении. – Ереван, 2011. - 23с.
21. **Грубый С.В.** Оптимизация режимных параметров фрезерования карманов в корпусных деталях из алюминиевых сплавов // Наука и образование / МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. - 2015.- № 07. - С. 44–65.
22. **Осинцев О.Е., Федоров В.Н.** Медь и медные сплавы: отечественные и зарубежные марки. - М.: Машиностроение, 2004. - 450 с.
23. **Davis J.** Copper and Copper Alloys. - ASM International, 2001.-621 p.
24. Состав – структура – свойства цветных металлов и сплавов, полимерных материалов: Лабораторный практикум по курсу «Материаловедение и технология конструкционных материалов» для студентов химических и технологических специальностей / **А.К. Вершина и др.** – Минск: БГТУ, 2010. – 63 с.
25. **Материаловедение / Б.Н Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.;** Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 648 с.
26. **Лахтин Ю.М.** Основы металловедения. - М.: Металлургия, 1988. - 320 с.

*Поступила в редакцию 12.06.2022.
Принята к опубликованию 20.10.2022.*

**ՑԱԾԻ ԿՈՇՏՈՒԹՅԱՄԲ ԴԺՎԱՐԱՄՇԱԿ ՄԵՏԱՂԱԿԱՆ ՀԱՄԱՁՈՒԿԱԾՔՆԵՐԻՑ
ՊԱՏՐԱՍՏՎԱԾ ԹՈՉՈՂ ԱՊԱՐԱՏՆԵՐԻ ՄԵՔԵՆԱՄԱՍԵՐԻ ՏԱՐԱՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ԵՎ
ԿԻՐԱՌՎՈՂ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՄԱԿՆԻՇՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ**

Դ.Գ. Յուրմուզյան, Ա.Լ. Արշակյան, Հ.Ս. Չիբուխյան, Բ.Ս. Բալասանյան

Ցածր կոշտությամբ դժվարամշակ մետաղներից պատրաստված մեքենամասերը հիմնականում կիրառվում են հատուկ տեխնիկաներում կամ թռչող ապարատներում՝ իրենց թեթևության և ամրության շնորհիվ: Թռչող ապարատներ արտադրող ընկերությունների համար կարևոր է տնտեսապես արդյունավետ նորագույն տեխնոլոգիաների կիրառումը արտադրության մեջ, որը հնարավորություն կընձեռի՝ կիրառելու ցանկալի հատկություններով համաձուլվածքներ: Գործիքաշինական ընկերությունները ակտիվորեն ուսումնասիրում են դժվարամշակ նյութերի կտրման գործընթացները՝ ցանկալի որակը ապահովելու, արտադրված մասերի արժեքը նվազեցնելու, ինչպես նաև մշակման հնարավոր առավելագույն արտադրողականությանը հասնելու լուծումներ մշակելու համար: Դա, առաջին հերթին, վերաբերում է հատուկ երկրաչափություններով գործիքների ձևավորմանը:

Դժվարամշակ նյութերի կտրման թեման առնչվում է ըստ մշակման տեսակների (խառատային, ֆրեզային, գայլիկոնում) բաժանման և դժվարամշակ տարբեր նյութերի

առանձնահատկություններին, ինչպիսին է ցածր կոշտությունը: Դեռևս 1974 թվականին Վ.Ն. Պոդուրաևը դժվար մշակվող նյութերի կտրման մասին իր ձեռնարկում նշել է. «Կտրման գործընթացում տեղի են ունենում մեծ թվով սերտորեն կապված երևույթներ, որոնք կազմում են մշակման բարդ ֆիզիկաքիմիական մեխանիզմ: Հետևաբար, կարևոր է դիտարկել կտրելու միջոցով տիպիկ նյութերի մշակման առանձնահատկությունները»: Շատ կարևոր է նաև ճանաչել այն ոլորտները և այն մեքենամասերը, որտեղ կիրառվում են դժվարամշակ նյութերը և մետաղները: Սույն աշխատանքում ներկայացվում են ցածր կոշտությամբ դժվարամշակ մետաղներից պատրաստված մեքենամասերի տարատեսակները և կիրառվող նյութերի մակնիշների վերլուծությունը: Նյութերի դասակարգումը կատարվել է ըստ կիրառվող սայրային գործընթացների, մշակելիության աստիճանի, հոսունության սահմանի և պլաստիկության բնութագրերի:

Առանցքային բառեր. ցածր կոշտություն, դժվարամշակ մետաղներ, համաձուլվածքներ, կտրում, ֆրեզում:

INVESTIGATING THE VARIETIES OF AIRCRAFT MACHINE PARTS MADE FROM DIFFICULT-TO-PROCESS LOW STRENGTH METAL ALLOYS

D.G. Yurmuzyan, A.L. Arshakyan, H.S. Chibukhchyan, B.S. Balasanyan

Machine parts made of alloys of low rigidity are mainly used in special equipment or aircraft due to their lightness and strength properties.

For aircraft manufacturers, it is important to use efficient modern technologies in production, which would allow to use alloys with the set properties.

Tool manufacturing companies are actively studying the cutting processes in difficult-to-process materials to ensure the desired quality, reduce the cost of manufactured parts, as well as to develop solutions to achieve the highest possible productivity. First of all, this concerns the formation of tools of special geometry

The subject of cutting difficult-to-process materials is revealed by the type of processing (turning, milling, drilling) and the characteristics of various difficult-to-process materials, such as low rigidity.

Still in 1974, V.N. Poduraev mentioned in his manual on cutting hard materials: “In the process of cutting, a large number of closely related phenomena occur that make up a complex physical and chemical processing mechanism. Therefore, it is important to consider the specifics of machining of typical materials by cutting.”

Based on what is mentioned above it is necessary, first of all, to study those areas and those parts of machines where difficult-to-process materials and metals are used.

This article presents a variety of parts made of difficult-to-process metals and analyzes the grades of materials used. The materials were classified according to the cutting processes used, the degree of machinability, flow and plasticity characteristics.

Keywords: low rigidity, difficult-to-process, metals, alloys, cutting, milling.