

Изготовление деталей коленного протеза методами литья

Представлена история проекта создания отечественного экзопротеза коленного сустава 4-5 поколения, литейные технологии массового производства и их перспективы.

Ключевые слова: коленный протез, экзопротезы суставов, материалы экзопротезов, литье экзопротезов, 3D-модели, 3D-принтеры, методы литья протезов, литейная оснастка для экзопротезов

Цель. Для консолидации народной помощи солдатам, добровольцам, отдавшим своё здоровье при защите народа Украины, пострадавшим мирным жителям и просто инвалидам, с целью проектирования и производства экзогенных и эндогенных протезов для нижних и верхних конечностей и протезов суставов была создана волонтерская группа «Украинский протез». Участники группы считают, что конструкторский и производственный потенциал Украины достаточен для того, чтобы обеспечить мирных жителей и воинов, пострадавших в АТО, современным протезированием с полным циклом производства в Украине. Для реализации программы протезирования нужно объединить и скоординировать усилия украинских учёных, конструкторов, производителей и медиков, найти спонсоров для протезирования каждого из нуждающихся в помощи.

История проекта

В сентябре 2014 г. группа начала работу над созданием экзогенного (для полностью потерявших большую часть ноги) протеза коленного сустава 4-5 поколения. Усилиями участников волонтерской группы и организаций, поддерживающих проект, в начале декабря 2014 года была изготовлена имитационная рабочая модель протеза из пластика и металла, которая была продемонстрирована на выставке «3D Печать» в Торгово-промышленной палате Украины.

Инициаторами идеи создания протезов выступили Александр Анатольевич Скориков, доценты КПИ Ю. В. Киричук и В. П. Самарай. Проектирование модели было произведено доцентом КПИ Юрием Владимировичем Киричуком, изготовление пластиковых деталей рабочей модели протеза произведено компанией «SmartPrint 3D» под руководством Евгения Кожуховского.

В январе 2015 года Всеукраинской организацией «HighTech Initiative» под руководством её президента Мазнюка Виктора Михайловича была создана информационная платформа для поддержки работ волонтерской группы – сайт WWW.PROTEZ.ORG.UA.

К концу февраля 2015 г. силами ПАО «КЦКБА» («Киевское центральное конструкторское бюро арматуростроения» – предыдущие названия «АРМА», УФ ЦКБА и «Арматурный завод») под руководством Сергея Александровича Крепака изготовлен первый цельнометаллический протез коленного сустава.

Для опробования протезов двумя пострадавшими бойцами АТО и человеком, потерявшим ногу в мирное время, планируется изготовить следующую серию протезов.

К концу декабря 2015 г. на кафедре литейного производства чёрных и цветных металлов НТУУ «КПИ» для отработки литейной технологии и оригинальных решений были изготовлены первые литые металлические образцы отливок деталей протеза, а к концу февраля 2015 г. были спроектированы первые пробные варианты пресс-форм для серийного изготовления отливок деталей протеза методом литья по выплавляемым моделям.

В середине сентября 2015 г. силами АО «Меридиан» (преыдущее название ПО «Радиозавод им. Королёва») изготовлен первый цельнометаллический протез коленного сустава из лёгких сплавов. Таким образом, были изготовлены три разных протеза из разных материалов: комбинированный металло-пластиковый, цельнометаллический стальной и легкосплавный металлический варианты протезов для дальнейших испытаний и внедрения в производство.

В дальнейшем параллельно с апробированием протезов первой серии будут вестись другие работы по развитию коленного и других протезов:

- проводиться испытания протеза в специально сертифицированной лаборатории «НАДІЙНІСТЬ» НТУУ «КПИ»;

- проектироваться и изготавливаться усовершенствованная литейная и технологическая оснастка для серийного изготовления протезов;

- производиться сбор финансовых средств на изготовление второй серии протезов.

Технологии

Предполагается изготовление трёх деталей протеза коленного сустава литьём. Для этого необходимо решить четыре основных вопроса, которые будут согласованы между требованиями конструирования и возможностями технологий.

Материал отливки и соответственно готовой детали. Предполагается испытать несколько материалов:

- обычные углеродистые стали согласно чертежам (сталь 30, 40 и 45); преимущества: дешевизна; возможность закалки для увеличения твёрдости; недостатки: коррозия; невозможность организовать массовое или крупносерийное производство

методом литья под давлением; большая плотность (тяжёлый сплав);

– нержавеющие стали; преимущества: отсутствие коррозии; относительная дешевизна; недостатки: дороже углеродистой стали; невозможность организовать массовое или крупносерийное производство методом литья под давлением; большая плотность (тяжёлый сплав).

– алюминиевые сплавы типа Силумин АК12 или другие; преимущества: отсутствие коррозии; дешевизна – самый дешевый из металлических сплавов – дешевле стали; малая плотность – легче стали и высокопрочного чугуна; лётся под давлением – возможность организовать массовое или крупносерийное производство методом литья под давлением; недостатки: прочность ниже, чем у углеродистой стали;

– высокопрочный чугун; преимущества: имеет плотность меньше стали и соответственно имеет меньший вес; по прочности он не уступает стали и даже превосходит; недостатки: невозможность организовать массовое или крупносерийное производство методом литья под давлением; тяжёлый сплав – большая плотность.

– магниевые сплавы; преимущества: легкий сплав, лётся под давлением; недостатки: тяжело лить – легко возгорается – огнеопасен.

– титан; преимущества: лёгкий, не корродирует; недостатки: очень дорогой, не лётся под давлением.

Методы литья. Предполагается задействовать несколько методов литья:

– литьё под давлением (ЛПД); преимущества: самое высокое качество поверхности (товарный вид) и всей отливки; самая высокая производительность; самые высокие возможности автоматизации процесса литья под давлением (ЛПД); недостатки: самая высокая стоимость изготовления пресс-формы; дороже обслуживание оборудования;

– литьё по выплавляемым моделям (ЛВМ); преимущества: низкая стоимость изготовления пресс-формы; возможность литья любых сплавов, в том числе лёгких (алюминиевые и магниевые сплавы) и тяжёлых сплавов (углеродистой и нержавеющей стали и высокопрочного чугуна, титана); недостатки: малая производительность (длительный цикл изготовления одной отливки – нанесение 5-7 огнеупорных слоёв в течение нескольких дней); большое количество дополнительных материалов (этилсиликат; спирт; соляная кислота; маршалит; ацетонозамещающие составы; серная кислота).

– литьё по выжигаемым моделям (ЛГМ); преимущества: низкая стоимость изготовления пресс-формы; производительность выше, чем при ЛВМ; возможность литья любых сплавов, в том числе лёгких (алюминиевые и магниевые сплавы) и тяжёлых сплавов (углеродистой и нержавеющей стали и высокопрочного чугуна, титана); недостатки: экологические ограничения и ухудшенные санитарно-гигиенические условия; производительность ниже, чем при ЛПД.

– кокильное литьё; преимущества: высокое качество поверхности (товарный вид) и всей отливки; высокая производительность; самые высокие возможности автоматизации процесса литья. низкая стоимость

изготовления пресс-формы; производительность выше, чем при ЛВМ; возможность литья в облицованный кокиль – возможность литья любых сплавов, в том числе лёгких (алюминиевые и магниевые сплавы) и тяжёлых сплавов (углеродистой и нержавеющей стали и высокопрочного чугуна); недостатки: высокая стоимость изготовления пресс-формы.

Доработка толщины стенок (согласованное уменьшение) и конфигурации отливок в соответствии с требованиями литейной технологии и уменьшения веса протеза:

– литейные уклоны;

– припуски на мехобработку; изменение конфигурации нетехнологичных частей; литейные радиусы; согласование разъёма между полу формами.

Проектирование и изготовление оснастки (пресс-форм): ЛПД; ЛВМ; ЛГМ.

Будут изготовлены отливки деталей протеза из всех указанных металлических сплавов, изготовлены все виды оснастки (пресс-формы) и опробованы все три указанных метода литья в связи:

– с невозможностью или нецелесообразностью использования каждого из методов литья для каждого из сплавов;

– с необходимостью сравнить качество литья, литейные, прочностные, технологические и пластические, вязкостные свойства и характеристики, твёрдость;

– с необходимостью отработать каждый из способов для литья каждого конкретного сплава;

– с необходимостью иметь запасные уже отработанные способы изготовления (методы литья);

– с необходимостью иметь несколько запасных комплектов оснастки для одновременной работы на нескольких производственных площадках.

Необходимое оборудование:

– 3D – принтер для изготовления выплавляемых моделей (из воска);

– центробежная литейная машина для заливки методами ЛВМ (литья по выплавляемым моделям) и ЛГМ (литья по газифицируемым моделям);

– вибростол для уплотнения литейных форм методами ЛВМ (литья по выплавляемым моделям) и ЛГМ (литья по газифицируемым моделям);

– печь универсальная термическая для подготовки литейных форм;

– машина литья под давлением.

Необходимые материалы:

– металлическая шихта для сплавов – сталь углеродистая и нержавеющая, высокопрочный чугун, силумины, титан, магниевые сплавы;

– вспомогательные материалы: песок, маршалит, этилсиликат, ацетонозамещающие составы, спирт, соляная и серная кислота;

– восковый материал для 3D-принтеров;

– воск литейный;

– невспененный пенополистирол.

Необходимая оснастка:

– пресс-формы литья по выплавляемым моделям (ЛВМ);

– пресс-формы литья по газифицируемым моделям (ЛГМ);

– пресс-формы литья под давлением (ЛПД).

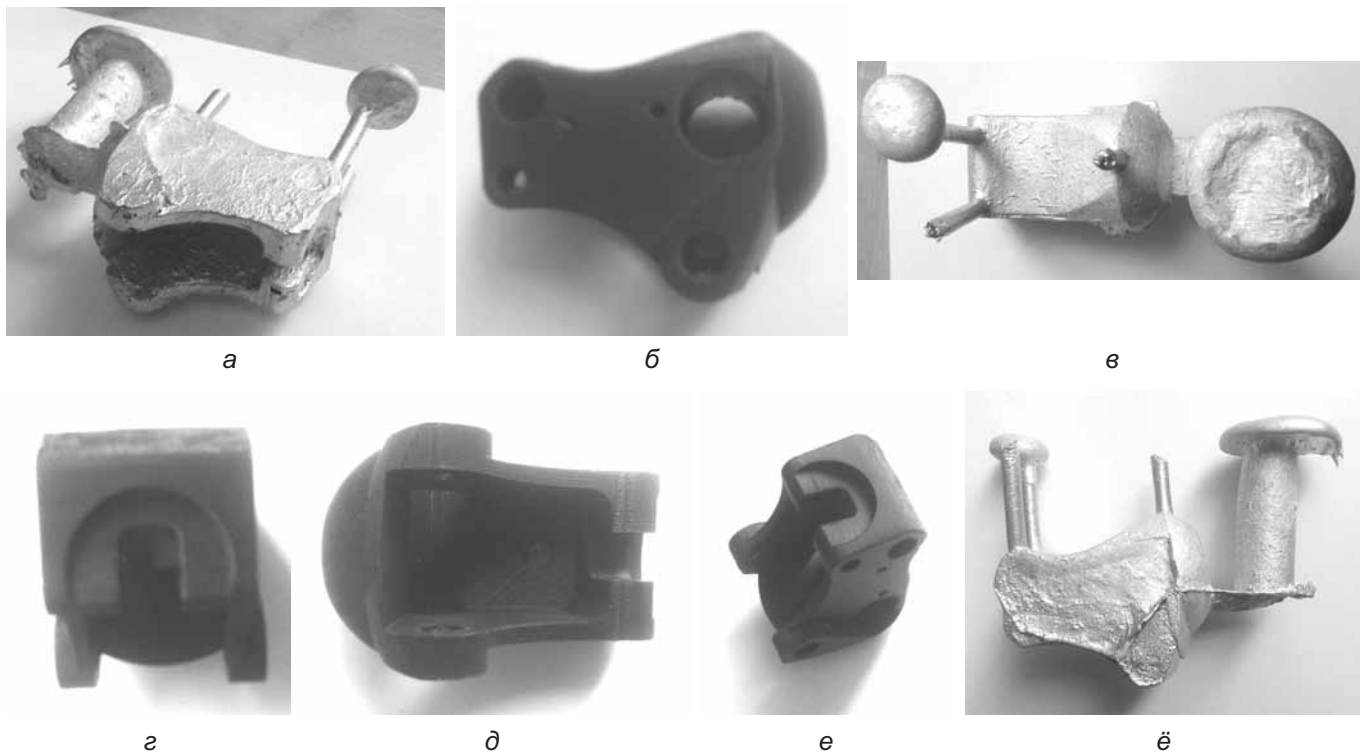


Рис. 1. Модели и отливки «нижний шарнир» (а-ж)

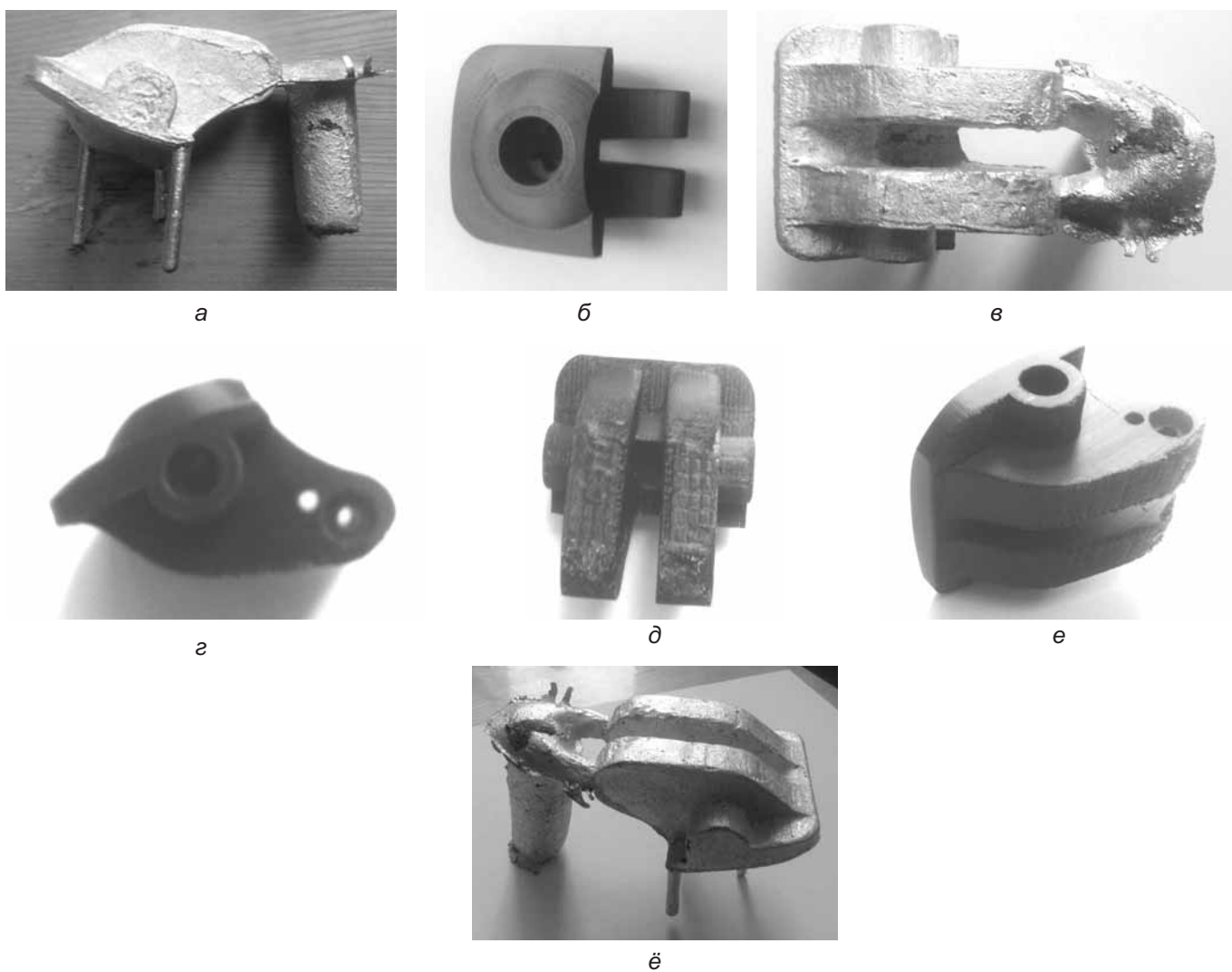


Рис. 2. Модели и отливки «колено» (а-ж)

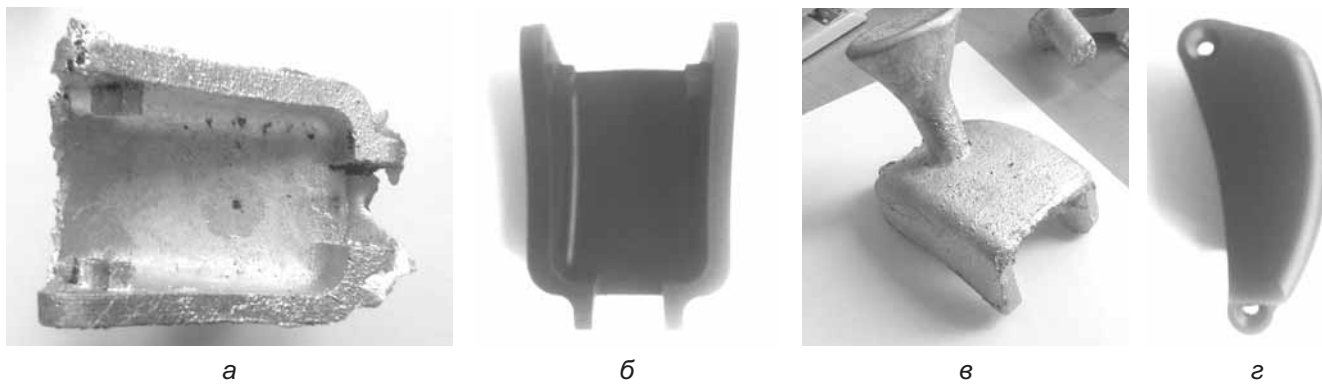


Рис. 3. Модели и отливки «рычаг-2» (а-г)

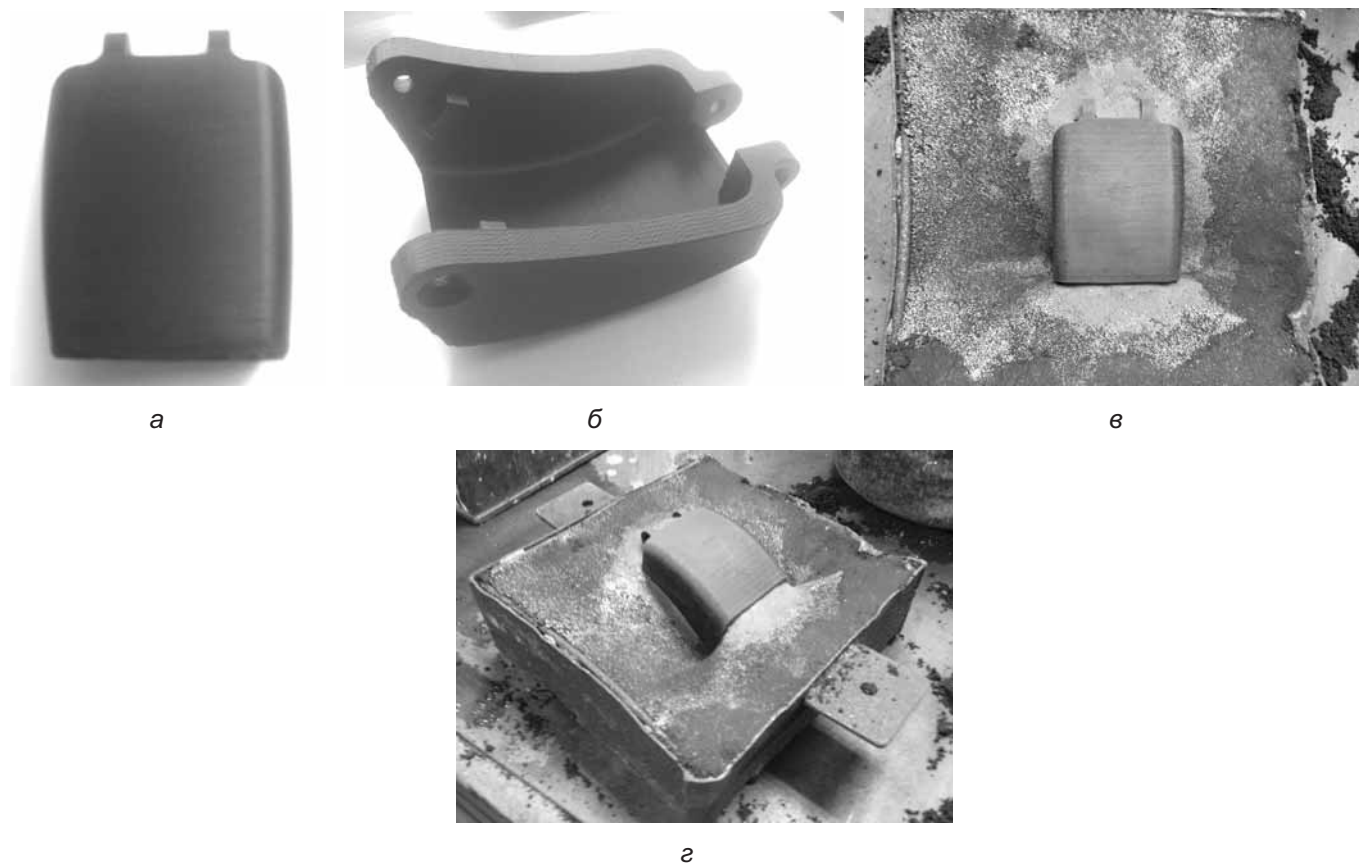


Рис. 4. Модели и разовые песчано-глинистые формы для детали «рычаг-2» (а-г)

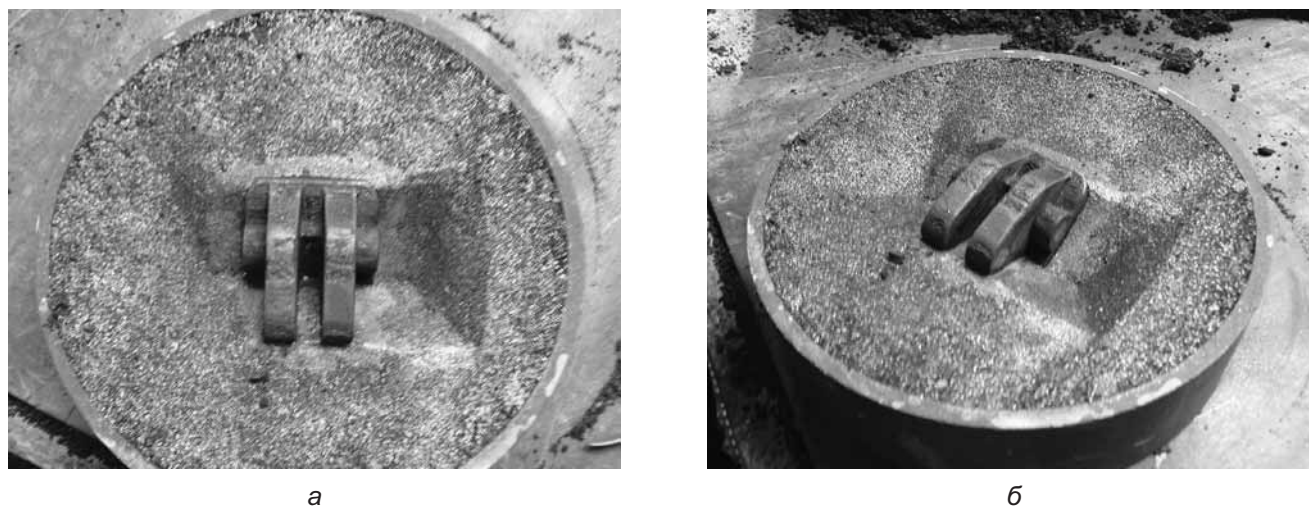
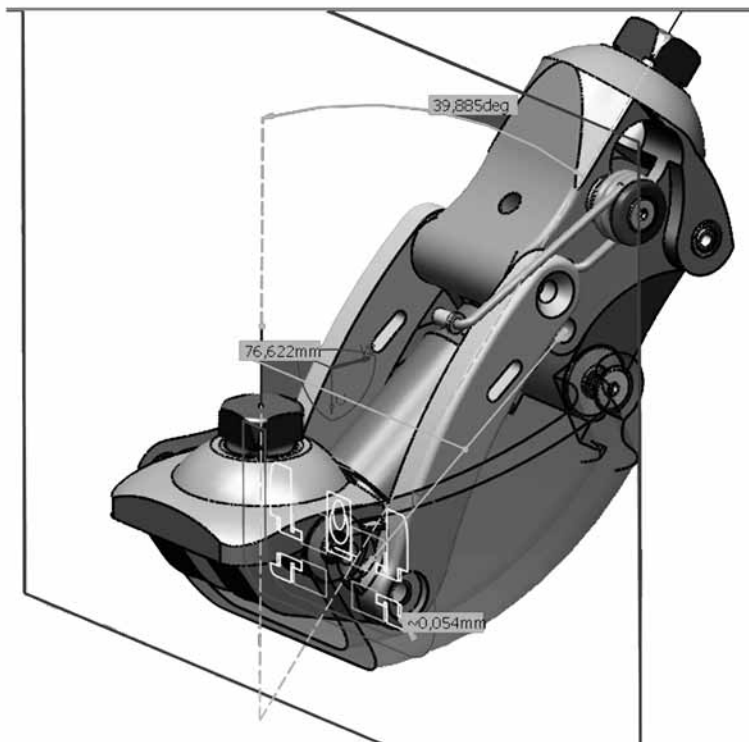
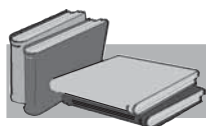


Рис. 5. Модель и разовая песчано-глинистая форма для детали «колено» (а-б)



В перспективе при необходимости возможно изготовление отдельных деталей протезов методами порошковой металлургии. Ставится цель создания интеллектуальных протезов с биуправлением от импульсов мозга.

Рис. 6. Экзогенный протез коленного сустава



ЛИТЕРАТУРА

1. Липович Н. А. Автоматизированный механизм подвижности коленного сустава для опорно-двигательного аппарата / Н. А. Липович // Сборник тезисов докладов конгресса молодых учёных. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО, 2015.

Анотація

Самарай В. П.
Виготовлення деталей колінного протезу методами лиття

Представлено історію проекту створення вітчизняного екзопротезу колінного суглоба 4-5-покоління, ливарні технології масового виробництва і перспективи.

Ключові слова

колінний протез, екзопротези суглобів, матеріали екзопротезів, 3D-моделі, 3D-принтери, методи лиття протезів, ливарне оснащення для екзопротезів

Summary

Samaray V.
Making of details of knee prosthetic appliance by methods of casting

The history of creation project for Ukrainian knee-joint external prosthesis of 4-5-generation, casting technologies of mass production and prospects, are presented.

Keywords

knee prosthesis joint biological prosthetics, biological prosthetics materials, molding biological prosthetics, 3D-models, 3D-printers, methods of casting prostheses, casting equipment for biological prosthetics

Поступила 22.09.2015