

ПРЕДЛОЖЕНИЕ

по формированию тематики исследований (проектов)

в рамках программного мероприятия 1.3

ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям

развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»

(для проблемно (предметно) ориентированных научно-исследовательских работ, направленных на создание научно-технического задела в различных прикладных областях для последующей разработки продукции и технологий)

Системный номер _____

1 Тема исследований (проекта) Разработка высокоэффективной технологии и оборудования для изготовления длинномерных полых валов газотурбинных двигателей из жаропрочных сплавов и сталей

2 Цель исследований (проекта)

Цель проекта состоит в создании научно-технического задела для разработки новой групповой технологии и соответствующего оборудования для раскатки широкой номенклатуры полых валов и их комбинаций с дисками, используемых в изготовлении роторов газотурбинных двигателей (ГТД) и аналогичных устройств.

Задачами проекта являются:

- проведение научно-исследовательских работ, направленных на разработку технологии и оборудования сверхпластической раскатки полых валов;

- обоснование технических требований к образцам стана для раскатки валов из жаропрочных сплавов.

- создание нормативных технических документов - руководящих технологических материалов (РТМ) и конструкторской документации на опытно-промышленное оборудование для раскатки валов;

- разработка и изготовление экспериментального (опытного) образца стана, позволяющего раскатывать натурные валы из жаропрочных сплавов, который послужит прототипом промышленного оборудования, необходимого для серийного производства раскатных валов.

Проект выполняется с целью создания нового технологического оборудования, реализующего сверхпластическую раскатку валов и резко снижающего трудо-, энерго-, материальные издержки, и повышения качества продукции.

Проект предусматривает получение в рамках НИР необходимых данных для разработки конструкции стана, отдельных узлов, инструмента, системы управления и контроля. В том числе:

Будет построена математическая модель процесса раскатки вала и изготовлен макет оборудования с целью проверки адекватности моделей.

Экспериментально определено удельное усилие деформации в зависимости от температуры, величины и скорости деформации, необходимые для конструирования инструмента, приводов и рабочих

органов стана, а также обеспечения заданной производительности процесса раскатки.

В рамках НИР запланировано проведение испытаний на макетном образце с целью уточнения технического задания на проведение ОКР.

В целом проект является современной альтернативой устаревшей технологии и оборудования, применяемых в настоящее время при изготовлении валов не только на предприятиях в России, но в зарубежных компаниях. Основные качественные показатели проекта это существенное повышение коэффициента использования дорогостоящего металла до уровня 0.5-0.6, качества изделия за счет повышения механических свойств на 20-30%, снижения трудоемкости, мощности деформирующего оборудования и металлоемкости инструмента.

Все эти преимущества связаны с реализацией в технологии формообразования эффекта сверхпластической деформации. (СПД). Использование СПД позволяет изготавливать малопрпусковые детали, применять локальную деформацию, обеспечить независимость структуры и свойств от степени деформации, создавать в деталях в изделиях однородную мелкозернистую структуру и, согласно закона Петча –Холла высокие прочностные свойства в сочетании с высокой пластичностью, и как следствие изотропность и высокий комплекс служебных кратковременных и длительных свойств, важных для повышения надежности и ресурса эксплуатации деталей ответственного назначения.

3. Описание существующей проблемы по предлагаемой тематике исследований (проекта), обоснование актуальности реализации предлагаемых исследований (проекта)

3.1. Валы составляют одну из важнейших групп деталей роторов газотурбинных двигателей (ГТД), используемых в авиации, а также других аналогичных энергетических установок, используемых в судостроительной, ракетно-космической, нефтегазовой и атомно-энергетической отраслях промышленности. Валы в этих устройствах работают в агрессивных средах при высокой температуре и механических нагрузках. Поэтому их изготавливают из современных жаропрочных и высокопрочных сплавов на основе никеля, железа и титана. В последнее время большой интерес вызывает также изготовление комбинированных деталей типа «вал-диск», в том числе из интерметаллидных сплавов, отличающихся высокой удельной прочностью.

В каждом ГТД содержится от 2 до 3 полых валов весом от нескольких десятков до сотен килограммов, на них устанавливают диски вентилятора, компрессоров и турбин низкого и высокого давления, а также зубчатые колеса для передачи вращения ротора к вспомогательным агрегатам ГТД. С учетом того, что каждый самолет снабжается одним или двумя ГТД, производство валов, безусловно, является серийным, и при этом весьма дорогостоящим из-за высокой стоимости сплавов для валов и трудоемкости их обработки. Следует еще раз подчеркнуть, что валы являются продукцией ответственного назначения, необходимой не только для гражданской и

военной авиации, но и для различных устройств типа ГТД, имеющих быстровращающийся ротор.

Объем производства валов ГТД заявителям неизвестен. Можно лишь ориентировочно указать, что он может колебаться от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч в год, с учетом периодов обострения и продаж ГТД военного назначения в третьи страны..

3.2. Применяемые в настоящее время на российских предприятиях технологии изготовления валов характеризуются весьма низким коэффициентом использования металла (менее 10%), высокой энергоемкостью и большой долей ручного труда. Кроме того, имеющиеся технологии не позволяют изготавливать эти детали из сложнолегированных высокожаропрочных сплавов, а при изготовлении валов из низколегированных сплавов технологии не обеспечивают формирования однородной микроструктуры, необходимой для получения высоких эксплуатационных свойств.

3.3. Обычно валы изготавливают путем прямого прессования иликовки. Прессование требует применения мощных гидравлических прессов, развивающих усилие в несколько десятков тысяч тонн, а также многослойных металлоемких контейнеров и матриц. Высокие давления и температуры в зоне прессования и их неравномерно распределенные поля приводят к формированию существенно неоднородной структуры и свойств в изделиях, а также значительно снижают стойкость матриц. Изготовление валов посредствомковки - тоже весьма трудоемкий процесс, особенно для крупногабаритных деталей. Этот процесс, так же, как и прессование, не обеспечивает формирования однородной структуры и сопровождается большими потерями металла. При изготовлении валов большого диаметра (более 200-300 мм) и, особенно, большой длины (2-3 метра) коэффициент использования металла (КИМ) не превышает 10%.

3.4. Валы можно раскатывать на раскатных станах и давяльных станках. Однако существующие оборудование такого типа, как отечественное, так и зарубежное, не позволяет изготавливать валы из современных жаропрочных сталей и сплавов, так как они осуществляют процесс раскатки в неизотермических условиях. Более того, поскольку температура деформации соответствует условиям холодной деформации, то раскатывать валы на существующем оборудовании можно лишь из низколегированных сплавов и сталей.

Характерной особенностью раскатки длинномерного вала ГТД из трубной заготовки является то, что процесс выполняется в нагревательной печи при определенных температурно-скоростных (сверхпластических) условиях. Раскатка будет осуществляться на модернизированном раскатном стане СРГ-0,6-1500. При этом стан оснащается системой необходимого контроля и автоматического регулирования всех рабочих параметров (рабочая температура и скорость нагрева, степень и скорость деформации, контроль геометрических размеров в процессе деформации и т.д.).

В качестве заготовок под раскатку вала будут использоваться штамповки (Рис. 1б) изготовленные на гидравлическом прессе ПА2642 с усилием 1600 тс в изотермических условиях.

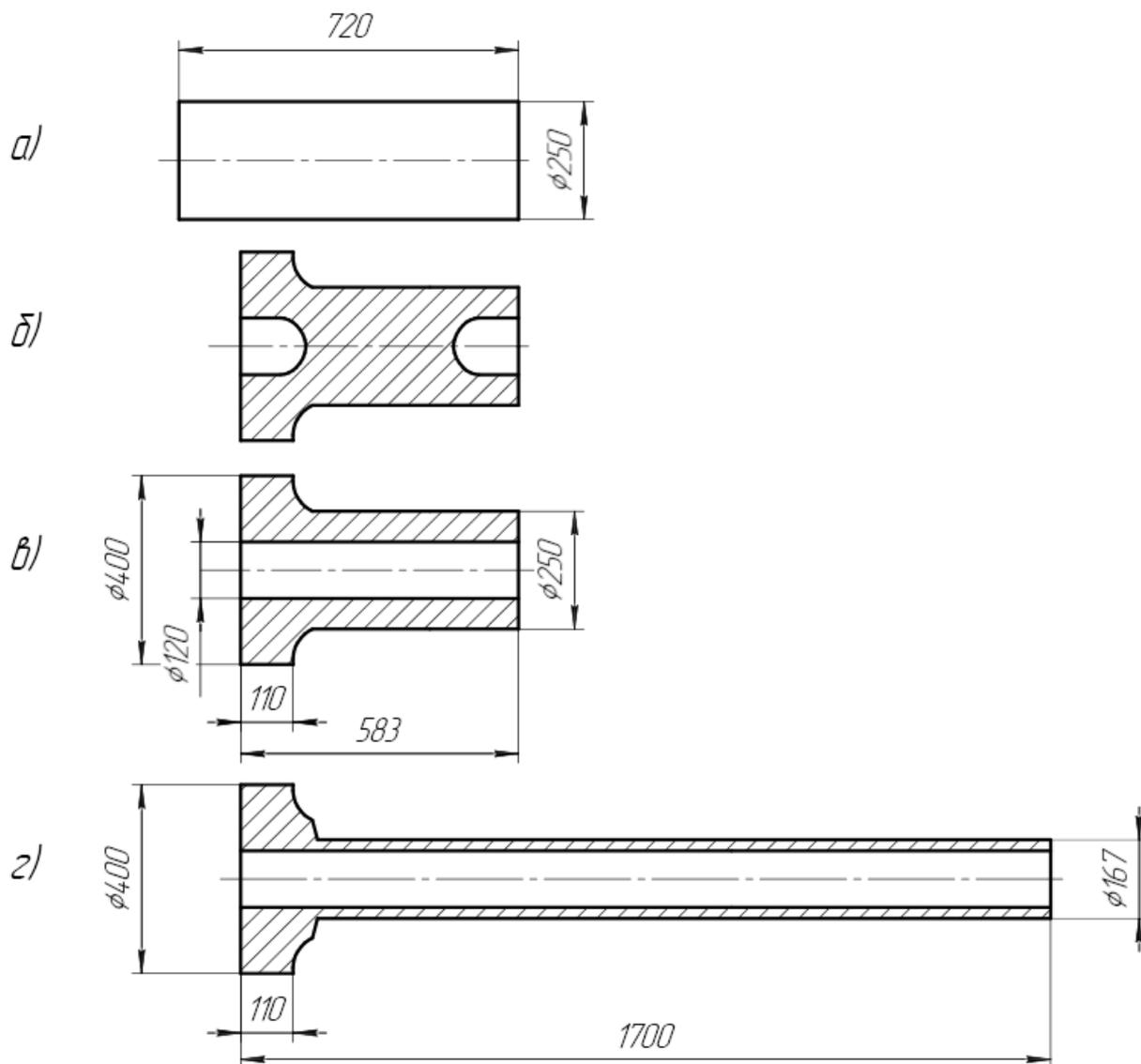


Рис. 1. Эскизы заготовок:

- а) заготовка под деформацию;
- б) штампованная заготовка;
- в) заготовка под раскатку;
- г) раскатанная заготовка вала ГТД.

Процесс изготовления состоит из: нагрева заготовки 1 (Рис. 1в, 2а) в отдельной печи; при открытом положении створок 2 (Рис. 2а) нагревательной печи стана, заготовка 1 устанавливается на шпиндель 3 и поджимается задней бабкой стана 4. Три деформирующих ролика 5 одновременно внедряются в заготовку на глубину h и обкатывают ее, обеспечивая равномерное вытягивание металла заготовки по оправке 6. За несколько аналогичных переходов формируется вал необходимой конфигурации. После окончания раскатки ролики отводятся, отводится задняя бабка и раскатанная заготовка снимается со шпинделя выталкивателем 7.

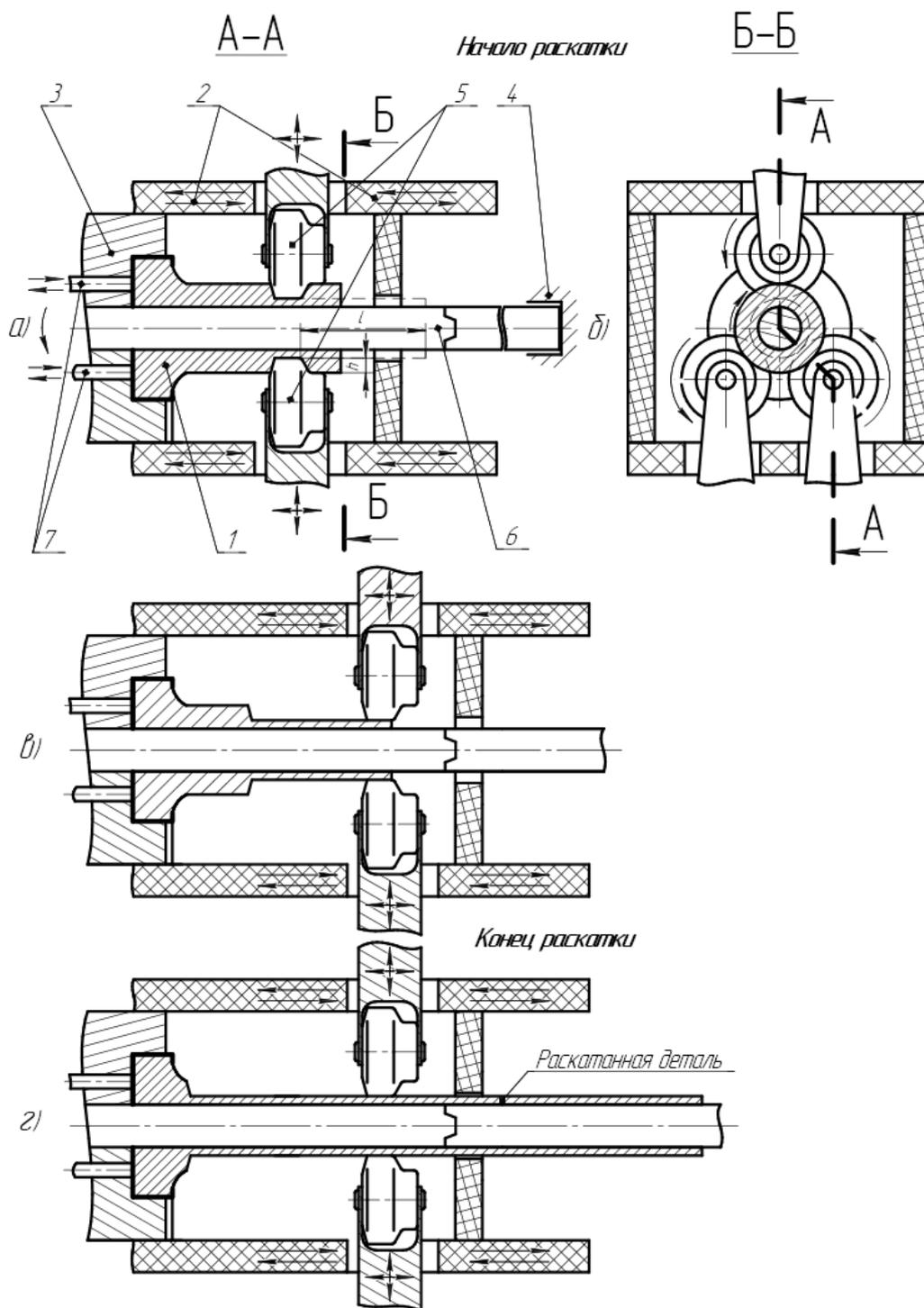


Рис. 2. Схема и последовательность раскатки вала ГТД

- а) начало раскатки: 1 - раскатываемая заготовка; 2 - подвижные створки печи; 3 - шпиндель раскатного стана; 4 - задняя бабка; 5 - раскатные ролики; 6 - съемная оправка; 7 - выталкиватель;
- б) завершение первого прохода раскатки;
- в) окончание раскатки.

3.5. В предлагаемой разработке валы будут раскатываться в условиях сверхпластичности. Это - наиболее прогрессивная технология, которая позволит получать валы за один проход с высокой точностью приближения к размерам и форме окончательной детали. Стан для сверхпластической

раскатки валов обеспечит изготовление валов с высокой однородностью макро- и микроструктуры и с изотропными механическими свойствами. По сравнению с существующими технологиями, при сверхпластической раскатке КИМ повышается в 3-5 раз, а механические характеристики сплавов после термообработки повышаются на 20-30 %. Последнее связано с тем, что механизмы сверхпластической деформации при раскатке обеспечивают существенную деформационную проработку структуры сплавов и выравнивание химического, фазового и зеренного строения во всем объеме изделия. Кроме того, раскатка в условиях сверхпластичности позволяет изготавливать валы из материалов, которые невозможно деформировать на существующих отечественных и зарубежных раскатных машинах.

3.6. Эффект сверхпластичности для ряда жаропрочных сплавов изучен, найдены режимы подготовки ультрамелкозернистой структуры, обеспечивающей сверхпластическую деформацию этих сплавов, определены условия деформирования и режимы термообработки, обеспечивающие наиболее высокие жаропрочные свойства сплавов. Вместе с тем, недостаточно проработаны вопросы применения сверхпластической деформации для малолегированных жаропрочных сплавов типа ЭИ 435, ЭИ437, ЭИ 698, поскольку интервал СПД в этих сплавах ограничен относительно невысокой температурой полного растворения интерметаллидной фазы, что приводит к росту усилия деформации. Для таких сплавов потребуется изучение возможности применения низкотемпературной СПД или высокоскоростной. Существует проблема изготовления деталей из высоколегированных порошковых (гранульных) сплавов типа ЭП741 НП. В России осесимметричные детали из этих сплавов получают прямым газостатическим прессованием, без применения СПД. За рубежом детали из аналогичных сплавов изготавливают с применением СПД, что позволяет обеспечивать им более высокие свойства и надежность. Поэтому важной частью НИР является определение условий СПД российских жаропрочных сплавов.

Кроме перечисленных задач для конкретных жаропрочных сплавов, используемых для изготовления валов, планируется этап проведения научно-исследовательских работ для уточнения условий получения УМЗ структуры и СПД. При этом важно будет получить экспериментальные данные касающихся ресурса пластичности при СПД и сопротивления деформации, необходимых для конструирования раскатного стана и инструмента.

4 Публикации по теме проекта, отражающие мировой уровень исследований (проекта)

Мировой уровень научных исследований и технологий в данной области наиболее полно изложен в следующих монографиях и статьях:

1. Кайбышев О.А. Утяшев Ф.З. Сверхпластичность, измельчение микроструктуры и обработка труднодеформируемых сплавов. М.: Наука, 2002. 438 с.

2. Kaibyshev O.A., Utyashev F.Z. Superplasticity: microstructural refinement and superplastic roll forming. Arlington, Virginia, USA: Futurepast, 2005. 386 p.
3. Утяшев Ф.З., Бурлаков И.А., Гейкин В.А., Морозов В.В., Мулюков Р.Р., Назаров А.А., Сухоруков Р.Ю. Научные основы высокоэффективной технологии раскатки осесимметричных деталей ротора газотурбинных двигателей из жаропрочных сплавов. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2013. № 5. С. 96-105.
4. Bewlay B.P., Gigliotti M.F.X., Utyashev F.Z., Kaibyshev O.A. Superplastic roll forming of Ti alloys. Materials & Design. 2000. V. 21, No. 4. P. 287–295, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306999000898>, [http://dx.doi.org/10.1016/S0261-3069\(99\)00089-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0261-3069(99)00089-8).
5. Bewlay B.P., Gigliotti M.F.X., Hardwicke C.U., Kaibyshev O.A., Utyashev F.Z., Salischev G.A. Net-shape manufacturing of aircraft engine disks by roll forming and hot die forging. Journal of Materials Processing Technology. 2003. V. 135, No. 2-3. P. 324-329. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013602008646>, [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136\(02\)00864-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136(02)00864-6).

Пока лидирующую позицию в развитии технологии сверхпластической раскатки занимают российские исследователи [1-3]. В период с 1995 по 2005 г. компания General Electric проявила большой интерес к использованию раскатных технологий, провела исследования по оценке эффективности и потенциальных возможностей технологии раскатки в условиях сверхпластичности при производстве деталей. В результате компания обеспечила патентование изобретений, лежащих в основе технологии изготовления УМЗ заготовок и раскатных деталей из них: European Patent EP 0 909 339 B1, European Patent EP 0912270 B1. Однако, в связи с существованием технологии сверхпластической штамповки и уже установленных дорогостоящих мощных гидропрессов, вакуумно-штамповочных комплексов с крупногабаритной модибденовой оснасткой для ее осуществления, ведущим мировым компаниям трудно отказаться от существующей технологии и перейти на новую.

Это могут сделать развивающиеся страны, такие, как Индия и Китай. Индийские производители авиационных двигателей проявляют интерес к раскатным дискам, но, по-видимому, из-за ограниченности средств, пока не могут заказывать соответствующее оборудование.

Как потенциальный конкурент российским разработчикам в этой области опасность представляет Китай, в котором нередко заимствуют новые технологии без приобретения лицензий. В этой связи следует отметить еще одну статью, опубликованную китайскими исследователями:

Qinghua Li, Lianbin Wu, Fuguo Li, Taiying Liu, Shaogang Wang, Zhijian Wei, Chunming Su. Experiments study on the rolling process for heavy disk. In. J. Adv. Manuf. Technol. (2013) 65:1171 – 1175, DOI 10.1007/s00170-012-4248-3.

В этой статье излагаются результаты раскатки дисков из стали, правда, не в изотермических условиях. Зная подходы китайцев, можно предположить, что, раз они заинтересовались технологией, они будут проводить исследования, вложат средства, создадут оборудование и могут

стать международными поставщиками раскатных станов для производства осесимметричных изделий, опередив в этом нас.

5 Ключевые слова по тематике исследований (проекта)

газотурбинный двигатель, вал, жаропрочные сплавы, структура, механические свойства, сверхпластичность, раскатка, раскатной стан, ролики.

6 Формулировка научно-технических задач и предлагаемых подходов по их решению

6.1. Целью настоящей работы является разработка технологической и рабочей конструкторской документации, а также изготовление опытного образца стана, который позволил бы изготавливать большую номенклатуру натуральных валов диаметром от 100 до 400 мм и длиной от 500 до 2500 мм из современных жаропрочных сталей и сплавов. Стан должен обеспечивать изготовление валов с более высоким комплексом механических свойств по сравнению с существующими технологиями. Раскатной стан должен соответствовать современным требованиям к оборудованию, должен быть снабжен системой контроля действительных параметров процесса обработки жаропрочных сплавов и гибкого автоматического управления процессом формообразования. Выполнение указанных требований обеспечит стабильность и повторяемость условий деформации, что, в свою очередь, обеспечит получение заданной геометрии изделий, однородности структуры в них и высокий уровень механических свойств.

6.2. Основная задача проекта тесно связана с современной тенденцией развития авиадвигателестроения, заключающейся в улучшении технических характеристик ГТД и снижении издержек на их производство. В свою очередь, это означает увеличение абсолютной тяги, уменьшение веса, объёма, уменьшение расхода топлива, увеличение срока службы, повышение технологичности, контролеспособности, ремонтпригодности, снижение трудо-, энерго-, материалоёмкости и в конечном счете стоимости двигателей. В связи с этим создаются конструкции с повышенной температурой газа перед турбиной в сравнении с достигнутым уровнем, повышенным давлением газа, двухконтурные двигатели с быстровращающимися роторами компрессора и турбины высокого давления.

6.3. В настоящее время вопросы усовершенствования авиадвигателей, во многом, решаются за счёт применения более жаропрочных сплавов с высокой удельной прочностью и технологических методов их обработки. Однако используемые на российских предприятиях методы обработки жаропрочных сплавов не позволяют изготавливать из них качественные детали с высоким КИМ. В числе таких деталей – дорогостоящие полые валы. Стоимость одного вала достигает от нескольких до десятка миллионов рублей.

6.4. Если изделия из малолегированных жаропрочных сплавов (ЭИ 435, ЭИ 437, ЭИ 698) и сталей типа ЭИ 517Ш еще удается изготавливать деформированием посредством мощных гидропрессов или молотов, в

результате получая детали со значительным избыточным весом и с недостаточно однородной структурой, то для среднелегированных сплавов типа ЭП 742 и особенно для высоколегированных сплавов (ЭК 79, ЭП 975, ВЖ 175) даже такой посредственный результат становится практически нереализуемым. Прессование указанных высоколегированных сплавов возможно лишь для ограниченных в диаметре до 200 мм и в длине до 1000 мм прутков. Из таких полуфабрикатов невозможно изготавливать длинномерные валы переменного сечения, например, валы с изменяющимся от 400 мм до 100 мм диаметром и длиной от 1500 до 2500 мм.

6.5. Причина отмеченных трудностей обусловлена крайне низкими технологическими свойствами (высоким сопротивлением деформации, очень узким температурным диапазоном обработки и низкой пластичностью) жаропрочных сталей и сплавов, особенно на никелевой основе, что вызвано следующими обстоятельствами.

Во-первых, эти материалы отличаются сложным легированием, сложной технологией плавки и литья. Современные композиции жаропрочных сплавов содержат десять и более элементов и вследствие этого обладают гетерофазной структурой. В крупнозернистом состоянии (состоянии поставки) размер зерен матрицы (γ - фазы) в этих сплавах составляет 200-500 мкм и более. Основную упрочняющую роль в этих сплавах играют наноразмерные (размером 40-80 нм) частицы интерметаллидной γ' - фазы, объемная доля которых в современных сплавах достигает 80%.

Во-вторых, из-за высокой степени гетерогенности, сегрегаций и ликваций элементов в жаропрочных сплавах производство из них деталей сильно усложнено не только при плавке и литье, но и при обработке давлением и резанием. Наноразмерная γ' - фаза в жаропрочных сплавах целенаправленно формируется для того, чтобы сплавы обладали большим сопротивлением деформации при высоких температурах. Однако это же существенно затрудняет их обработку давлением из-за необходимости применения мощного оборудования и высокопрочного инструмента, а также сильно, до 30-100°C, сужает температурный интервал их обработки. Из-за необходимости осуществлять многочисленные промежуточные подогревы заготовок при обработке давлением изготовление изделий из жаропрочных сплавов становится чрезвычайно трудоемким и приводит к большим (до 90% веса и более) потерям металла вследствие необходимости выполнять ремонт заготовок, то есть удалять между переходами неизбежно возникающие при такой технологии глубокие трещины на поверхности заготовок. В массивных слитках и литых деталях структура жаропрочных сплавов характеризуется чрезвычайно большой химической, фазовой и зеренной неоднородностью, неустранимой даже при интенсивной горячей деформации.

6.6. Таким образом, с одной стороны, благодаря сложному легированию и безокислительным технологиям плавки и литья, никелевые сплавы остаются непревзойденными по комплексу свойств жаропрочными материалами, которым пока нет альтернативы при изготовлении изделий ротора ГТД. С другой стороны, по тем же причинам обеспечить приемлемую

однородность деформированного и, как следствие, структурного состояния в высоколегированных жаропрочных сплавах, особенно при производстве крупногабаритных массивных деталей, традиционными методами деформации практически невозможно. Поэтому металлургические компании Запада применяют патентованный «гаторайзинг – процесс», включающий изготовление порошка, его консолидацию в прутках путем прессования на мощных горизонтальных прессах и далее сверхпластическую деформацию штамповкой мерных прутковых заготовок в не менее мощных многопозиционных вакуумно-штамповочных комплексах.

6.7. Используемый в России процесс газостатического изотермического прессования порошковых деталей отличается от «гаторайзинг – процесса» более высокой трудоемкостью изготовления порошка и спеканием порошковых заготовок в газостатах. Отсутствие большой пластической деформации при консолидации порошка не позволяет получать в российских порошковых жаропрочных сплавах мелкозернистую структуру и высокие свойства, характерные для «гаторайзинг–процесса». Кроме того, методы порошковой металлургии, как и традиционные методы горячей деформации жаропрочных сплавов, отличаются невысоким КИМ.

6.8. В проекте предлагается разработать принципиально новое оборудование – стан для раскатки валов, который реализует процесс формообразования валов в условиях сверхпластичности или изотермической деформации. В первом случае используются сплавы со стабильной ультрамелкозернистой структурой, характерной для деформированных в этих условиях высоколегированных сплавов. В такой структуре интерметаллидная фаза представлена укрупненными до размеров 1-3 мкм, соизмеримых с размерами измельченных зерен матрицы, частицами. Во втором случае раскатывают мало- и среднелегированные сплавы, имеющие крупнозернистую структуру. Однако, поскольку деформирование таких заготовок производится при температуре, соответствующей процессу горячей деформации, в ходе динамической рекристаллизации эти сплавы приобретают важное для повышения их свойств мелкозернистое строение. В результате предлагаемая технология раскатки позволяет получать высокопрочные и жаропрочные валы с практически идеальной однородностью микроструктуры и с оптимальным для условий эксплуатации размером зерен и фаз.

6.9. Стан для раскатки валов в сверхпластических и изотермических условиях способен обеспечить высокую точность изготовления валов, то есть высокую степень приближения к размерам и форме окончательной детали, и более высокие механические свойства валов, чем при использовании существующих методов. При сверхпластической раскатке КИМ повышается в 3-5 раз, а механические характеристики сплавов после термообработки повышаются на 20-30 % вследствие того, что механизмы сверхпластической деформации обеспечивают существенную деформационную проработку структуры сплавов и выравнивание химического, фазового и зеренного строения во всем объеме изделия.

6.10. Стан обеспечит возможность изготавливать валы из материалов, которые невозможно деформировать на существующих отечественных и зарубежных раскатных машинах.

7. Подробное описание планируемых работ

Разработка технологии и оборудования для изготовления раскатных валов ГТД включает следующие этапы работ.

7.1. Проведение НИР с целью уточнения деформационно-термических режимов подготовки структуры и сверхпластической деформации, а также окончательной термообработки для материалов, применяемых для изготовления валов ГТД.

7.1.1. Математическое моделирование процессов подготовки структуры и сверхпластической деформации с учетом масштабного фактора образцов с целью оптимизации процессов для крупногабаритных полуфабрикатов и изделий.

7.1.2. Определение технологических характеристик сплавов при пластической деформации.

7.1.3. Подбор режимов термообработки, оценка механических свойств сплава, обработанного с использованием сверхпластической деформации (длительные и кратковременные характеристики).

7.2. Разработка технического задания на проектирование раскатного стана.

7.2.1. Анализ номенклатуры типовых валов, применяемых в ГТД.

7.2.2. Выбор рациональной схемы раскатки валов и кинематики перемещения заготовки и инструмента.

7.2.3. Расчет и выбор термомеханических параметров раскатки и характеристик стана.

7.3. Разработка технического проекта конструкции стана.

7.3.1. Разработка принципиальной и кинематической схемы стана.

7.3.2. Разработка основных частей стана, печей для предварительного нагрева заготовок и для горячей изотермической раскатки валов и устройства для загрузки и выгрузки заготовки.

7.3.3. Разработка системы управления станом.

7.3.4. Разработка гидравлической и пневматической систем стана.

7.3.5. Силовые и поверочные расчеты силовых узлов стана, инструмента, систем стана, тепловой расчет печей.

7.4. Разработка рабочего проекта стана

7.4.1. Разработка общего вида.

7.4.2. Разработка сборочных чертежей узлов.

7.4.3. Детализация.

7.4.4. Разработка технической документации по устройству, эксплуатации и управлению станом.

7.5. Изготовление опытного образца стана.

7.5.1. Комплектация материалов и покупных сборочных узлов и изделий.

7.5.2. Изготовление отдельных узлов стана.

7.5.3. Монтаж, сборка и отладка стана.

7.5.4. Апробация работоспособности стана, оценка характеристик, раскатка опытных образцов.

7.5.5. Разработка программных продуктов для автоматического управления процессом раскатки.

7.6. Разработка технической и технологической документации по обслуживанию и эксплуатации стана.

7.7. Апробация работоспособности стана, оценка соответствия технических характеристик техническим условиям.

7.8. Раскатка опытной партии валов и контроль их качества.

7.9. Подача заявки на изобретение.

7.10. Подготовка отчета, технических и технологических рекомендаций.

8. Технические требования к выполнению работ

В результате выполнения работы должно быть обеспечено получение наукоемкой продукции, конкурентоспособной на мировом уровне.

8.1. В части НИР необходимо выполнить работы, позволяющие сформулировать, с учетом существующего научно технического опыта, технологические рекомендации по раскатке валов в условиях сверхпластичности, включая требования к геометрии и структуре исходной заготовки и раскатанного вала.

Технология сверхпластической раскатки должна обеспечивать коэффициент использования материала не менее 0,5-0,6 (в зависимости от формы раскатываемых валов).

Должны быть достигнуты следующие показатели повышения механических свойств сплавов после раскатки и термической обработки по сравнению с существующей технологией изготовления валов:

- предел прочности при комнатной температуре - на 20%;
- относительное удлинение при комнатной температуре - на 20%;
- ударная вязкость - на 30%;
- предел длительной прочности - на 50%;
- предел усталости - на 20%.

Точность исполнения размеров вала не хуже второго класса для горячештампованных деталей.

Макро и микроструктура должна быть однородной во всем объеме вала.

8.2. В части экспериментальной реализации проекта необходимо разработать ключевые требования к конструкторской документации стана, т.е.: разработать техническое задание; выполнить прочностные расчеты; выполнить технический и рабочий проект конструкции стана с автоматической системой управления процессом раскатки (АСУ ПР).

Необходимо спроектировать:

- рабочую высокотемпературную камеру, обеспечивающую выполнение процесса раскатки в изотермических условиях, в том числе в условиях сверхпластичности;

- устройство для загрузки заготовок и выгрузки раскатанных дисков;
- привода перемещений и вращения заготовки и инструмента;

- гидростанцию и систему воздушного охлаждения;
- пульт контроля и управления процессом раскатки;
- программное обеспечение системы управления.

Работа выполняется на основе использования новейших российских и зарубежных разработок, последних достижений науки и техники по теме работы, где учитывается опыт создания и эксплуатации зарубежных аналогов объекта разработки, ранее выполненных прикладных научных исследований и разработок.

8.3. В результате выполнения работы должно быть создано оборудование – опытный стан, служащий прототипом опытно-промышленного стана и различных вариантов (различающихся по типоразмерам) серийного промышленного оборудования.

Опытный стан должен отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать формообразование осесимметричных деталей типа «вал» и «вал-диск» из жаропрочных сплавов на основе никеля, железа, титана и интерметаллидных сплавов методом горячей изотермической раскатки, в том числе в условиях сверхпластичности;
- размеры раскатываемых деталей должны составлять от 100 до 400 мм по внешнему диаметру и от 500 до 2500 мм по длине, толщина стенки вала - до 50 мм;
- штучное время раскатки одного вала, в зависимости от размеров, должно составлять от 0.5 до 2 часов;
- температура в рабочей камере стана должна составлять от 500°C до 1150°C, при этом разница температур в различных частях камеры не должна превышать 25°C;
- осуществлять раскатку валов по меньшей мере двумя раскатными роликами.

Управление процессом раскатки должно быть автоматизированное, с записью текущих параметров процесса, в том числе температуры, скорости вращения заготовки, скорости деформирования, траектории и скорости перемещения роликов и т.д.

Технология и оборудование должны обеспечить:

- повышение технологической пластичности жаропрочных сплавов и повышение коэффициента использования материала в 3-5 раз по сравнению с технологиями, используемыми в российских предприятиях;
- повышение служебных характеристик деталей за счет повышения однородности химического, фазового и зеренного строения сплавов и размытия текстуры в результате сверхпластической раскатки или за счет создания регламентированного изменения структуры изделия;
- максимальное использование потенциала жаропрочности сплава за счет создания в конечном изделии однородной или регламентированной структуры с равномерным распределением упрочняющих наночастиц;

Конкретные характеристики стана - момент вращения роликов, заготовки, сила внедрения и подачи роликов, скорость вращения детали и инструмента, моменты и силы крепления заготовки в пинолях шпинделя и задней бабки определяются при разработке технического задания на стан.

8.4. Требования к надежности оборудования:
- средняя наработка на отказ, час – не менее 1000;
- среднее время восстановления работоспособного состояния, час – не более 8;
- установленный срок службы, лет – не менее 20;
- критерии предельного состояния должны быть определены при разработке технического проекта.

8.5. Требования безопасности:
- общие требования безопасности - по ГОСТ 12.2.003;
- изоляция доступных для прикосновения электрических частей должна соответствовать классу 01 - по ГОСТ 12.2.007.0.

8.6. Требования по эргономике и технической эстетике:
- общие эргономические требования - по ГОСТ 12.2.049;
- уровень звука на рабочем месте оператора - по ГОСТ 12.2.107;
- эстетические требования к внешнему виду - по ГОСТ 20.39.108.

8.7. Себестоимость создаваемой научно-технической продукции при серийном производстве должна быть как минимум на 25% ниже продажной цены на российском рынке зарубежных аналогов с близкими техническими характеристиками.

8.9. При выполнении работы должны соблюдаться требования по режиму защиты государственной тайны и конфиденциальности сведений, касающихся выполнения работы и полученных результатов в соответствии с требованиями Закона Российской Федерации «О государственной тайне» от 21 июля 1993г. № 5485-1, Федерального закона «О коммерческой тайне» от 29 июля 2004 г. № 98-ФЗ, Положения о порядке обращения со служебной информацией ограниченного распространения в федеральных органах исполнительной власти, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 3 ноября 1994 г. № 1233.

8.10. Достижение целей и решение задач НИОКР должно опираться на доступные проверке документы. Цитирование любых заимствованных сведений и данных должно сопровождаться ссылками на их источники или приводиться в виде копий документов и приложений к отчетным материалам по работе.

9. Ожидаемые научные и научно-технические результаты»

В результате выполнения проекта будет:

- 9.1. Разработана техническая документация:
 - 9.1.1. Технологические рекомендации по технологии изготовления полых валов из жаропрочных сплавов и сталей методом раскатки;
 - 9.1.2. Конструкторская документация раскатного стана, документация по системе управления процессом раскатки и по эксплуатации стана.
- 9.2. Изготовлен опытный образец стана для раскатки натуральных валов ГТД.
- 9.3. Произведена раскатка опытных образцов валов.
- 9.4. Произведена оценка раскатанных валов - формы, поверхности, размеров, структуры, механических свойств.

9.5. Получены патенты на изобретения по конструкции стана и технологии раскатки.

9.6. Подготовлен технический отчет и технико-экономический расчет и рекомендации по реализации процесса раскатки в реальных секторах экономики.

9.7. Кроме технической документации на технологию и оборудование, а также действующего опытного оборудования, в проекте предусматривается подготовка научно-технических публикаций, подача заявок на патенты с привлечением студентов и молодых специалистов.

Значения показателей результативности выполнения проекта			
Наименование	Год		
	Первый год	Второй год	Третий год
И 1.3.1 Число публикаций по результатам исследований и разработок в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus или в базе данных "Сеть науки" (WEB of Science), не менее (единиц)	3	4	5
И 1.3.2 Число патентных заявок, поданных по результатам исследований и разработок, не менее (единиц).	1	1	1
И 1.3.3 Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей - участников проекта, не менее (%)	65	70	70
И 1.3.4 Объем внебюджетных средств, привлекаемых для софинансирования работ, не менее (%)	20	20	20
И 1.3.5 Число завершенных проектов прикладных научно-исследовательских работ, готовых к переходу в стадию опытно-конструкторских работ (опытно-технологических работ)	-	1	1

Сущность запланированных в проекте результатов состоит в том, что для раскатки валов будет использован новый принцип их изготовления, основанный на методе локального формообразования в условиях сверхпластичности. В этом методе нагретая до температуры деформации заготовка помещается в рабочую камеру, где поддерживается постоянная температура деформации, заготовка приводится во вращение и деформируется двумя или тремя вращающимися роликами, выполненными из литейных жаропрочных сплавов. Рабочие поверхности роликов образуют необходимый калибр, последовательно обжимающий заготовку по заданной программе. По завершению процесса формообразования раскатанный вал извлекается из рабочей камеры и далее подвергается термообработке. Окончательные размеры и форму валы приобретают после механической обработки.

Чрезвычайно важным результатом такой обработки является формирование оптимальной микроструктуры при раскатке и припуски для финишных механических обработок вала, позволяющих обеспечить существенную экономию материала, труда и увеличить долговечность и

надежность эксплуатации изделия. Строгое выдерживание температуры, степени и скорости деформации при автоматической раскатке позволяет избежать влияния случайных факторов, ухудшающих структуру и свойства валов. Следует подчеркнуть, что валы являются деталями ответственного назначения, их разрушение при работе неминуемо приводит к разрушению ГТД в целом и к катастрофическим последствиям для самолета, поэтому надежность - важнейшая характеристика изделий этого типа.

Весьма важными для новой технологии и оборудования факторами являются: рациональный выбор исходной формы, размеров и структуры заготовки, условий сверхпластической деформации заготовки (температуры, скорости и степени деформации), рациональная конструкция инструмента, задание необходимой для формообразования валов кинематики заготовки и инструмента.

Необходимо отметить, что существует аналог предлагаемой в проекте технологии – это технология холодной раскатки валов на станах типа СРГ, которая позволяет деформировать сравнительно мягкие материалы, например нержавеющей стали, с применением небольших степеней деформации в переходах и с проведением многочисленных отжигов между переходами. Холодную раскатку используют для изготовления сравнительно небольших валов. Однако она совершенно непригодна для деформации современных жаропрочных сплавов и сталей.

Предлагаемая раскатка в условиях сверхпластичности не имеет ограничений ни по материалам, ни по размерам валов. Она позволит изготавливать валы практически из любых материалов, включая труднодеформируемые и малопластичные сплавы, как литейного, так и порошкового происхождения, которые, не говоря уже о холодной или теплой деформации, с большими трудностями подвергаются обычной горячей деформации.

10. Характеристика назначения и областей применения (использования) ожидаемого научного (научно-технического) результата, пути и действий по доведению результата до потребителя»

10.1. Проект направлен на неразрывное с опытно-конструкторскими и технологическими работами использование результатов НИР. Такой подход позволяет не ограничиваться лишь достижением обобщенных результатов НИР, а конкретизируют их применительно к решению актуальной практической задачи. Пролонгация результатов НИР позволяет в планируемом случае осуществить разработку технологии и оборудования для раскатки валов, изготовить натурные образцы этих изделий и оценить их качество в процессе всестороннего исследования структуры и свойств, важных для аттестации продукции с целью применения в ГТД. Результаты проекта планируется реализовать в двух основных отраслях машиностроительной индустрии:

а) В предприятиях - разработчиках и изготовителях ГТД и их компонентов. Таковыми являются опытные производства КБ, серийные

заводы как с преимущественно машиностроительным, так и с кузнечно-штамповым и металлургическим оборудованием.

б) В предприятиях - разработчиках и изготовителях кузнечно-прессового, раскатного и давилного оборудования, то есть в станкостроительных заводах, которые могут оснастить требуемой линейкой раскатных станов предприятия, изготавливающих валы.

К числу изготовителей валов на стадии кузнечного производства следует отнести такие «всероссийские кузницы», как ВСМПО АВИСМА, ОАО «Кузнецов», ОАО «Русполимет», ОАО «Уральская кузница» (Чебаркульский машиностроительный завод), ОАО «Металлургический завод Электросталь», опытное производство ОАО «ВИЛС» и др. К числу потребителей валов относятся авиадвигателестроительные предприятия в городах Самаре, Перми, Уфе, Москве, Рыбинске и др. Ведущие станкостроительные заводы, которые могут изготавливать станы - ООО «Савеловский машиностроительный завод», ОАО «Стерлитамакский станкостроительный завод», ООО «Владимирский станкостроительный завод «ТЕХНИКА» и др.

Кроме вышеотмеченных предприятий, потребителями продукции проекта могут стать предприятия энергетики и энергомашиностроения, а также предприятия других отраслей, где изготавливают устройства, работающие по принципу газотурбинных двигателей, и их роторные компоненты.

10.2. Количественная оценка эффективности нового технологического процесса изготовления изделия, как известно, выполняется на основе разработки сравнительной ценовой модели, выполняемой с учетом многих технико-экономических данных, характерных для конкретного производства. В настоящее время оценить народнохозяйственный эффект предлагаемого проекта невозможно. Владельцы предприятий ставят задачу совершенствования производства с целью получения прибыли и снижения налогов, которая не совпадает с задачей повышения народнохозяйственного эффекта, поскольку последний в России реализуется преимущественно лишь за счет госбюджетных средств. Информация о технико-экономических показателях негосударственных предприятий, в частности, входящих в Объединенную двигателестроительную корпорацию (ОАО ОДК), являются собственностью, оберегаемой от публикации.

В этой связи, экономическая эффективность проекта рассмотрена на качественном уровне в сопоставлении возможностей деформации в условиях сверхпластичности и горячей деформации прессованием или ковкой.

10.3. Научно-технические преимущества предлагаемого проекта заключаются в следующем:

- В создании в материалах ответственного назначения, таких, как жаропрочные сплавы, технологичного (высокопластичного) структурного состояния для использования на стадии изготовления деталей и жаропрочного состояния, используемого на стадии эксплуатации деталей. Первое состояние достигается за счет формирования ультрамелкозернистой структуры, обеспечивающей возможность формообразования детали в условиях сверхпластичности, а второе - за счет создания регламентированной

структуры в процессе термообработки, в ходе которой достигается рост зерен матрицы и выделение упрочняющих фаз до размеров, оптимальных для эксплуатации при заданных условиях.

- В формировании высокооднородной структуры и изотропных механических свойств, не менее чем на 30-50% превышающих показатели конструкционной прочности, в том числе статические, динамические и усталостные характеристики, материалов со структурой, получаемой по известным технологиямковки и прессования валов.

- В существенной экономии материала, труда и электроэнергии. Это достигается за счет использования эффекта сверхпластической деформации, обеспечивающего точную воспроизводимость формы и размеров заготовки, однородность и стабильность структуры независимо от степени накопленной деформации, снижение припусков и напусков, хорошее состояние поверхности детали без трещин, пор, волосовин, а также макронеровностей.

- В получении детали сложной формы за одну операцию и один переход вследствие применения метода локальной сверхпластической деформации – раскатки, в которой инструменты -- ролики, перемещаясь по траектории, задаваемой управляющим компьютером, последовательно формируют деталь заданных размеров. Точному оформлению детали способствуют сравнительно небольшие давления инструмента на материал детали, находящийся в состоянии сверхпластичности.

Указанные научно-технические преимущества обеспечивают следующие технико-экономические показатели и конкурентную выгоду:

- повышение коэффициента использования материала в сравнении с существующими процессами в 4-5 раз;

- снижение металлоемкости и энергоемкости деформирующего оборудования и инструмента на *три порядка*. Действительно, для выдавливания крупногабаритных валов необходим гидропресс с усилием 20-30 тысяч тонн и контейнеры весом в несколько тонн, тогда как для раскатки валов в условиях сверхпластичности требуется усилие на роликах всего 20-30 тонн, а при этом вес ролика составляет порядка 20-30 кг;

- гибкую автоматизацию процесса, возможность легкой переналадки оборудования с выпуска одной детали на другую, не требующая длительной подготовки оборудования. Между тем, переналадка при прессовании связана с заменой массивного контейнера, пуансона, тщательной подгонкой инструмента и его надежным креплением к прессу, длительным временем нагрева инструмента. В процессековки валов много времени приходится затрачивать на многочисленные подогревы заготовки и её ремонт вследствие возникновения дефектов, трещин, огранки и т.д.

В отличие от прессования, раскатка характеризуется возможностью применения универсального инструмента с высокой стойкостью и легкой ремонтпригодностью, заключающейся в простой механической переточке поверхности роликов с целью удаления неравномерно изношенного слоя.

Технология раскатки в условиях сверхпластичности существенно повышает культуру производства, является экологически более безопасной, отвечающей высоким нормам металлообработки. Раскатка радикально

отличается отковки отсутствием радиации нагретого металла, динамического воздействия молота на фундамент зданий и толчков производственных площадей, воздействующих на производственный персонал, вредных выделений газообразной и дисперсной среды – производственной пыли. Отсутствуют испарения и утечки рабочей жидкости, смазки, свойственные гидропрессам. Замена прессов и молотов раскатным станом существенно сокращают производственные площади и снижают требования к прочности производственных зданий и их фундамента.

Процесс раскатки происходит в закрытой камере под воздействием статической нагрузки, управляется автоматической программой технологического компьютера при наблюдении оператора. Этот процесс коренным образом отличается от типичных металлургических процессов и во многом аналогичен процессу, осуществляемому на современных обрабатывающих центрах, причем, в отличие от последних, раскатка происходит без стружкообразования и использования смазочно-охлаждающей жидкости и других сопутствующих отходов производства.

Предлагаемая технология обеспечивает снижение припуска и напуска на раскатанные валы, сокращает цикл их механической доводки до окончательных размеров. Формирование однородной структуры, оптимизированной по размеру зерен и фаз, повышает механические и, вследствие этого, потребительские свойства валов, важные для повышения ресурса ГТД.

Предлагаемые научно-технические решения проекта основаны на успешном опыте разработчиков технологий и оборудования для раскатки деталей ГТД в условиях сверхпластичности, в частности, дисков ГТД из жаропрочных никелевых и титановых сплавов. В сравнительно недавнем прошлом заявителями был создан ряд станом для раскатки дисков диаметром до 800 мм (станы СРД-800, СРЖД-800, АЛРД-800). Разработчики этой технологии и оборудования владеют опытом и научно-техническим заделом, включая патенты и ноу-хау, обеспечивающими создание новой интеллектуальной продукции.

11 Предпосылки для успешного завершения работ (вероятность получения ожидаемого научного (научно-технического) результата))»

Предпосылками успешного завершения работ являются:

Ниже приводятся два варианта осуществления проекта

Вариант 1. Инициатором проекта является Самарский моторный завод (СМЗ) В этом случае требуемый внебюджет составляет 40% от общего объема финансирования, т.е. до 20 млн. рублей в год. Итого 60 млн. рублей за три года

1. Наличие государственного заказа у СМЗ Кузнецов на авиадвигатели, в которых используются раскатные валы.

2. Наличие на предприятии СМЗ Кузнецов опыта изготовления раскатных изделий, в частности колец (данная технология тоже является устаревшей и подлежит модернизации).

3. Наличие производственных площадей и оборудования для заготовительного производства, литейных, кузнечных, механических цехов, а также инструментального производства

3. Наличие высококвалифицированных кадров в отделе главного металлурга, технолога, инженеров конструкторов и проектировщиков, мастеров и опытных рабочих на производственных участках.

4. Наличие опыта успешного сотрудничества СМЗ Кузнецов с научно-исследовательскими секторами Российских учреждений, в частности, с СКТБ «Тантал» и его преемником ИПСМ РАН. В течение ряда лет с указанными учреждениями совместно были разработаны и апробированы технологии раскатки дисков и колец ГТД. Изготовлены партии раскатных деталей, проведены их свойства, оценена работоспособность, разработаны технические условия на их поставку.

Кроме ИПСМ РАН имеющего многолетний опыт по разработке технологий и оборудования изготовления деталей в условиях сверхпластичности, в частности по раскатке дисков ГТД в качестве соисполнителей проекта будут привлечены ИМАШ РАН (г. Москва) известного института по разработки разных аспектов машиноведения, включая технологическое оборудование.

Проектирование и изготовление стана планируется выполнить на Савеловском машиностроительном объединении (г. Кимры) – известном станкостроительном заводе, имеющим опыт в разработке подобного оборудования. В недавнем прошлом СМЗ разработал и изготовил стан СРД 800 и автоматическую линию АЛРД800 для раскатки титановых дисков, Ряд давилых станков для холодной раскатки валов типа СРГ является также продукцией СМЗ.

Вариант 2. Инициатор проекта - ИПСМ РАН (тогда требуемый внебюджет составляет 7,5 млн. руб. в год, итого 22,5 млн. на 3 года)

Предпосылками успешного выполнения работ по проекту являются результаты фундаментальных и прикладных исследований, проведенных начиная с 1980-х годов в СССР и РФ. Результаты этих исследований привели к созданию методов управления структурой жаропрочных сплавов для приведения их к сверхпластическому состоянию при формообразовании и к жаропрочному состоянию после формообразования и метода сверхпластической раскатки, который является сугубо отечественной разработкой. В СССР и РФ были проведены ОКР и ОТР, аналогичные предлагаемым работам, но направленные главным образом на разработку технологии и оборудования для раскатки дисков ГТД из жаропрочных сплавов. В рамках этих работ был разработан и реализован ряд программ изготовления и испытания раскатанных дисков ГТД, реализованный специалистами ряда научно-исследовательских институтов (ИПСМ РАН, ЦИАМ, ВИАМ, ВИЛС, НИИД), а также двигателестроительных предприятий в гг. Москве, Санкт-

Петербурге, Уфе, Самаре, Перми. Были созданы стан для раскатки дисков диаметром до 800 мм СРД-800, автоматическая линия для раскатки дисков АЛРД-800, накоплен большой опыт раскатки натуральных дисков и колец для ГТД из жаропрочных никелевых, титановых сплавов, сталей и интерметаллидных сплавов на основе соединения γ -TiAl диаметром до 800 мм. Был изготовлен большой ассортимент изделий, успешно проведены их натурные испытания, по результатам которых изделия были рекомендованы Минавиапромом СССР к применению. В 2011-2013 гг. в рамках программы «Национальная технологическая база» был реализован проект создания стана СРЖД-800 - раскатного стана для раскатки дисков из высокожаропрочных никелевых сплавов, оборудованного современной автоматической системой управления.

Таким образом, в институтах и на предприятиях страны создан технологический задел, имеется методический опыт применения метода сверхпластической раскатки, имеются кадры, способные выполнить предлагаемый проект. В частности, в ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют» накоплен значительный опыт раскатки дисков из титановых сплавов.

Опыт разработки и применения технологии раскатки подробно изложен в монографии [Кайбышев О.А. Утяшев Ф.З. Сверхпластичность, измельчение микроструктуры и обработка труднодеформируемых сплавов. М.: Наука, 2002. 438 с.].

Вместе с тем, изготовление валов, особенно большой длины, представляет собой значительно более сложную технологическую задачу, так как связано с существенно большей степенью вытяжки материала. Поэтому для решения этой задачи необходимо разработать свои конкретные схемы осуществления процесса раскатки и создать специальное оборудование, основанное на том же основном принципе сверхпластической раскатки.

Осуществление проекта требует наличия следующей инфраструктуры и ресурсного обеспечения:

- Должна быть соответствующая инфраструктура научных исследований в области материаловедения и обработки металлов давлением (деформирующее оборудование, печи, микроскопы оптические и электронные, рентгеновские дифрактометры, машины для механических испытаний и др.).

- Необходимы производственные мощности, включающие в себя гидравлические пресса с усилием не менее 1600 т, высокотемпературные печи, станки механической обработки.

- Разработку и изготовление опытного образца оборудования наиболее выгодно осуществлять на базе имеющегося оборудования типа давилочного стана, поэтому необходимы основные узлы такого оборудования.

- Для изготовления новых узлов (ряда деталей механической части, рабочей камеры нагрева, системы управления) должны быть привлечены специализированные организации.

- Работа должна быть выполнена высококвалифицированной командой, состоящей из докторов и кандидатов наук в области обработки металлов давлением, материаловедения, физики конденсированного состояния,

инженеров-технологов и разработчиков систем управления, квалифицированных рабочих.

- Параллельно с разработкой технологии и оборудования должны быть подготовлены кадры, способные применять технологию и эксплуатировать оборудование, поэтому к НИР и ОКР должны быть привлечены аспиранты, студенты, магистранты.

Предлагаемые работы могут быть выполнены рядом научных организаций и вузов, как-то: ИПСМ РАН, УГАТУ, ОАО «НИАТ» и др.

Каждая из этих организаций, привлекая соответствующих соисполнителей, могут соответствовать выдвигаемым требованиям к обеспечению работ, имеют, в той или иной степени, научный задел в данной или близкой области.

ИПСМ РАН является организацией-разработчиком метода сверхпластической раскатки. В этом институте проведено подавляющее большинство фундаментальных и прикладных НИР, ОКР и ОТР по данной тематике. По техническим заданиям ИПСМ РАН были разработаны и созданы стан СРД-800, линия АЛРД-800. В 2011-2013 гг. ИПСМ РАН совместно с ИМАШ РАН, ООО «СМЗ» и МГТУ «Станкин» разработали и создали опытный образец стана СРЖД-800.

Накопленный опыт позволяет ИПСМ РАН предложить выполнение работ по данному проекту на высоком научном и техническом уровне и провести все необходимые НИР, ОКР и ОТР с целью создания новой технологии и оборудования для изготовления валов ГТД.

В ИПСМ РАН имеется коллектив необходимой квалификации. В институте работают 15 докторов наук, 31 кандидат наук, из них в проекте непосредственно будут участвовать 4 доктора технических и физико-математических наук, 6 кандидатов технических и физико-математических наук. К работам будут привлечены 4 инженера, в том числе специалист по прочности, механик, технолог, материаловед, два высококвалифицированных рабочих (обработчик давлением и термист), а также специалисты по металлографическим исследованиям и механическим испытаниям образцов. Кроме того, в работе примут участие специалисты по обработке металлов резанием и литью (для отливки инструмента из жаропрочного сплава и его механической обработки. За все время выполнения проекта в работах будут участвовать не менее 10 магистрантов и студентов УГАТУ и БашГУ.

Привлечение большого количества студентов, подготовка из них кадров в области технологии сверхпластической раскатки станет возможной благодаря существованию на базе ИПСМ РАН двух научно-образовательных центров («Наноматериалы и сверхпластичность» с УГАТУ, «Материалы» с БашГУ).

Предполагаемый руководитель работ, д.т.н, член-корреспондент АН РБ Утяшев Ф.З. читает курсы лекций по теории и практике больших, интенсивных и сверхпластических деформаций, руководит выпускными работами магистрантов, специалистов и бакалавров на кафедрах Физики металлов и материаловедения, Нанотехнологий в УГАТУ и Физики и технологии наноматериалов БашГУ. Аналогично и другие

высококвалифицированные участники проекта ведут научно - педагогическую работу.

ИПСМ РАН имеет необходимое оборудование для выполнения работ: гидропресса с усилием 400, .600 и 1600 тонн, стан СРЖД 800 для раскатки дисков, давяльный стан РНС 600. Имеется давяльный стан СРГ 0,6-1500, на базе которого планируется изготовить новый стан для раскатки валов диаметром до 300 мм и длиной до 2500 мм. Имеются термические печи, металлорежущие станки, грузоподъемные устройства, развитое опытное производство с необходимым количеством площадей, системой энерго-, тепло-, водообеспечения и вентиляции, а также с мониторингом и контролем текущего состояния помещений и оборудования.

Предполагаемым партнером ИПСМ в выполнении работ является ИМАШ РАН (г. Москва), имеющий опыт выполнения сложных проектов в части систем управления оборудованием и прочностных расчетов.

Проектирование и изготовление узлов стана может быть выполнено на ОАО «Савеловский машиностроительный завод» (г. Кимры) – известном станкостроительном заводе, имеющем опыт в разработке подобного оборудования. В недавнем прошлом СМЗ разработал и изготовил стан СРД-800 и автоматическую линию АЛРД-800 для раскатки титановых дисков, а в 2011-2013 гг. участвовал совместно с ИПСМ РАН и ИМАШ РАН в разработке стана для раскатки дисков из жаропрочных никелевых сплавов СРЖД-800. Ряд давяльных станков для холодной раскатки валов типа СРГ также является продукцией СМЗ.

12 Объем финансирования исследований (проекта)

I. Смета расходов по предполагаемым работам

СМЕТА РАСХОДОВ

средств субсидии

на выполнение исследований (проекта) по теме:

"Разработка высокоэффективной технологии и оборудования для изготовления раскатных валов газотурбинных двигателей"

№ п/п	Наименование статей расходов	Сумма (тыс. руб.)
1	Амортизация основных средств и нематериальных активов (за исключением зданий и сооружений), используемым для выполнения НИР	-
2	Оплата труда работников, непосредственно занятых при выполнении НИР	25 000
3	Налоговые отчисления и страховые взносы по заработной плате непосредственных исполнителей НИР	7 550
4	Материальные расходы, непосредственно связанные с выполнением НИР, в т.ч. сырье и (или) материалов комплектующих изделий.	8000
5	Стоимость оборудования для научных (экспериментальных) работ	1 000
6	Другие расходы, непосредственно связанные с выполнением НИР, в том числе:	
6.1	расходы на командировки	500

6.2	общехозяйственные расходы	10000
7	Стоимость работ по договорам на выполнение составных частей НИР: Проведение конструкторских работ по НИР (проектирование опытного стана) Проведение технологических работ по НИР (изготовление опытного стана)	7000 28000
	Итого:	87 050

Договоры с другими организациями:

ИМАШ РАН (проведение расчетов на прочность)
ООО «СМЗ» (изготовление отдельных узлов стана)
ОАО «Кузнецов» (разработка технических требований, предоставление образцов для исследования)

12. Объем финансирования исследований (проекта)

12.2 Предложения по привлечению средств из внебюджетных источников (ВБС), направляемых на софинансирование исследований (проекта)

ОБЪЕМ И НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВБС

для софинансирования исследований (проекта) по теме:

«_____»

№ п/п	Направления использования ВБС	Объем (тыс. руб.)
1	Использование для изготовления опытного образца узлов стана СРГ 0.6-1500, на базе которого будет изготовлен стан для раскатки валов в условиях сверхпластичности	12 млн
2	Использование изотермического штампового блока (УИШБ 500) и вставок для изготовления заготовок под раскатку	3 млн
3	Изготовление специнструмента - роликов	1 млн
4	Предоставление образцов валов, изготовленных по существующей технологии, для сопоставительного исследования механических свойств (ОАО «Кузнецов»)	3
5	Какие еще могут предложить в ОАО «Кузнецов»?	
...		
	Итого:	

13. Обоснование сроков выполнения исследований (проекта)

ПЛАН-ГРАФИК ИСПОЛНЕНИЯ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ

при выполнении исследований (проекта) по теме:

« _____ »

№ п/п	Наименование этапов	Содержание выполняемых работ и мероприятий ¹	Отчетный период по этапу (начало - окончание)	Средства субсидии (тыс. руб.)	Внебюджетные средства (тыс. руб.)
1	1 этап	Разработка технологии раскатки и технического задания на стан	1 год	8000	-
		Мероприятия по достижению показателей результативности проекта (Подготовка статей, технических и технологических документов, обучение специалистов)		500	-
		Перечень работ предполагаемых к выполнению за счет внебюджетных средств (Приобретение материала и СРГ-0,6-1500)		11500-	
2	Этап 2.	Разработка технического проекта Разработка рабочего проекта стана		5000	-
		Мероприятия по достижению показателей результативности проекта (Подготовка статей, технических и технологических документов, обучение специалистов)		500	-
		Перечень работ предполагаемых к выполнению за счет внебюджетных средств Изготовление блока УИШБ 500		3000-	

¹ В хронологическом порядке указываются работы и мероприятия отчетного периода.

...	Этап 3	Изготовление стана Апробация стана Раскатка опытной партии валов Исследование качества валов (структуры, свойств, поверхности)		29500	-
		Мероприятия по достижению показателей результативности проекта (статьи, заявки, отчеты, доклады. Работа со студентами по теме проекта)		500	-
		Перечень работ предполагаемых к выполнению за счет внебюджетных средств		-	
		Итого:			

