

УДК 621.73.047:621.45.226.2

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ЗАГОТОВОК ПОД ХОЛОДНОЕ ВАЛЬЦЕВАНИЕ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Коршунова Виктория Вячеславовна

аспирант 3 года, очная форма

*Российская Федерация, Ярославская область, г. Рыбинск, РГГА
им. П.А. Соловьева*

Научный руководитель: А.С. Матвеев

доктор технических наук, профессор кафедры «ОМД»

Технологические процессы изготовления лопаток авиационных двигателей во многом определяют как его себестоимость, так и надёжность в эксплуатации.

При этом в авиадвигателестроении наряду с лезвийными, электрофизическими и иными методами изготовления лопаток широко применяют процессы холодного вальцевания пера, эффективность внедрения которых прямо пропорциональна программе выпуска лопаток. Холодная вальцовка позволяет существенно повысить коэффициент использования металла и снизить трудоёмкость изготовления авиационных двигателей.

Традиционно заготовки лопаток для вальцовки изготавливают горячей штамповкой. Назначаемое поле допуска на профиль заготовки реализуется за счет недоштамповки, то есть неполной величины смыкания половин штампа. Образующийся между половинами штампа зазор, в общем случае переменный как по величине, так и по периметру штампа, обусловлен неравномерными упругими деформациями штампа, рабочих узлов пресса, неравномерностью нанесения смазки, разбросом по объёму исходных прутковых заготовок, а так же неравномерным распределением удельных нагрузок на гравюру штампа, вызванных сложным профилем штампуемых заготовок. В конечном итоге это приводит к низкой стабильности геометрической формы изготавливаемых заготовок лопаток.

Процесс вальцовки партии таких заготовок характеризуется низкой стабильностью процесса, вызванной различной величиной и различным расположением припуска по профилю пера заготовки. При этом наблюдается или изгиб пера лопатки в сторону спинки или корыта, или отклонения по углу закрутки сечений пера и другие дефекты. Кроме того, неравномерность и колебания величины припуска под вальцовку заготовок, обусловленные особенностями их изготовления штамповкой, приводят в процессе вальцовки к неравномерности скоростей течения слоев металла по

кромочным и околокромочным зонам, вызывая так называемую «саблевидность» или «серпение» пера лопаток, являющихся браковочным признаком. Для компенсации или устранения этого явления, заготовку под вальцовку проектируют с увеличенными припусками по кромкам пера, что приводит к увеличению степеней деформации и снижению запаса пластичности материала лопатки в кромочных, наиболее нагруженных при эксплуатации, областях.

Кроме того, для снижения и ликвидации брака изготавливаемых лопаток, поступающие на вальцовку партии заготовок подвергают разбивке на группы по величине и распределению припуска под вальцовку на специальных контрольно – измерительных приборах, выполняя вальцовку каждой группы при индивидуальных настройках вальцовочного стана с привлечением доработанного вальцовочного инструмента - вставок. Это повышает трудоёмкость изготовления лопаток.

Для устранения этих недостатков и подготовки заготовок лопаток ГТД под холодную вальцовку разработаны методика проектирования заготовки

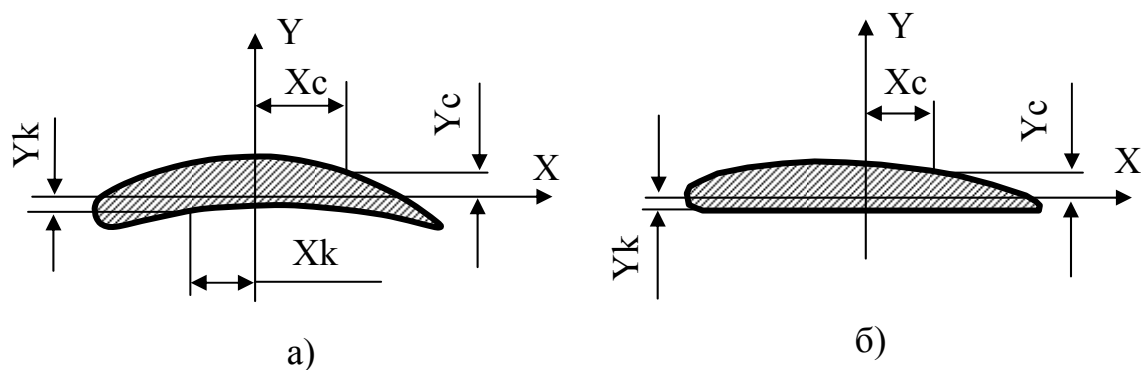


Рисунок 1. Профиль i -го сечения лопатки: - б– действительный, а – выпрямленный;

под вальцовку и технология, позволяющая обрабатывать поверхность пера заготовок с высокой точностью на универсальном металлорежущем оборудовании, в частности, на кругло- и плоскошлифовальных станках.

При этом, для адаптации профиля пера заготовки лопатки к технологическим возможностям универсального металлорежущего

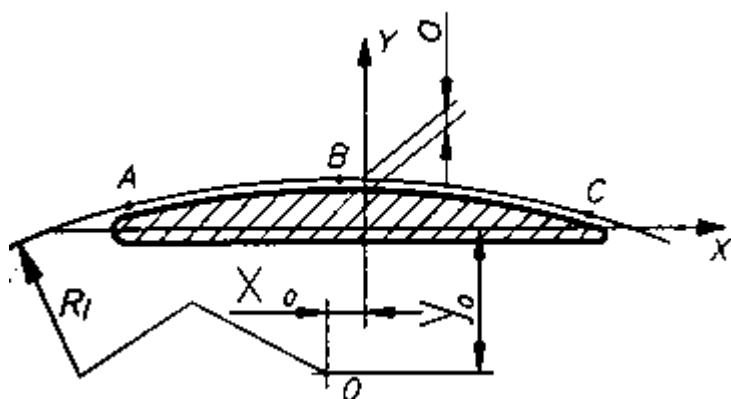


Рисунок 2. Схема определения радиуса описанной окружности, аппроксимирующей профиль спинки i -го сечения лопатки

оборудования (токарной, шлифовальной групп) аэродинамические сечения готовой лопатки, заданные чертежом, «раскручивают» относительно базового сечения и трансформируют в сечения имеющие прямолинейные спинки,

располагаемые в одной плоскости (Рис. 1.). Затем для каждого спрямлённого сечения назначают припуск под вальцевание (Рисунок 2.), обеспечивающий равные степени деформации в точках расположенных со стороны спинки на входной и выходной кромке лопатки и точке расположенной в срединной зоне обрабатываемого сечения.

Далее через отмеченные три точки каждого сечения проводят окружности, получая тем самым заготовку лопатки с сегментообразным профилем сечений. При этом описанный метод проектирования заготовки лопатки позволяет обработать как корыто так и спинку заготовки лопатки в специальных приспособлениях на универсальном плоско - и круглошлифовальном оборудовании, обеспечивая высокую точность и идентичность заготовок лопаток.

Данная методика обеспечивает геометрическую стабильность заготовок под вальцевание, гарантируемую возможностью использования в качестве исходной технологической базы плоскую поверхность «корыта» заготовки при обработке «спинки» заготовки по конической или цилиндрической поверхности. Кроме того, стабильность заготовки в целом обеспечивается надёжностью переноса баз на дальнейшую обработку заготовки от обработанного плоского «корыта» будущей лопатки.

При этом состояние поверхностного слоя пера заготовки и точность его геометрических параметров будут определяться технически и экономически целесообразными разновидностями, например, шлифовальных операций (глубинное шлифование, электрохимическое и т.д.), точность которых при обработке плоских, цилиндрических и конических поверхностей, как известно, достаточно высока.

Данный метод и технологический процесс изготовления лопаток ГТД успешно внедрён в ОАО «НПО Сатурн» (г. Рыбинск).

Опыт внедрения и апробирование вышеописанной методики и технологических процессов изготовления лопаток выявил ряд недостатков, в частности снижение ресурса лопаток, вызванное разбросом степеней деформации по поперечным сечениям пера.

Этот недостаток связан с тем, что при проектировании заготовки лопатки выбор опорных точек через которые проходят окружности, описывающие спинку заготовки, носят в основном интуитивный характер.

Для устранения этого недостатка разработан новый способ определения параметров шлифованной заготовки. При этом в основу предлагаемого способа заложен ряд критериев определения параметров окружностей, описывающих спинку сечений лопатки с обеспечением минимальной разности течения металла при вальцовке заготовки по кромочным и около кромочным зонам.

Алгоритм реализации способа приведён на рис.4.

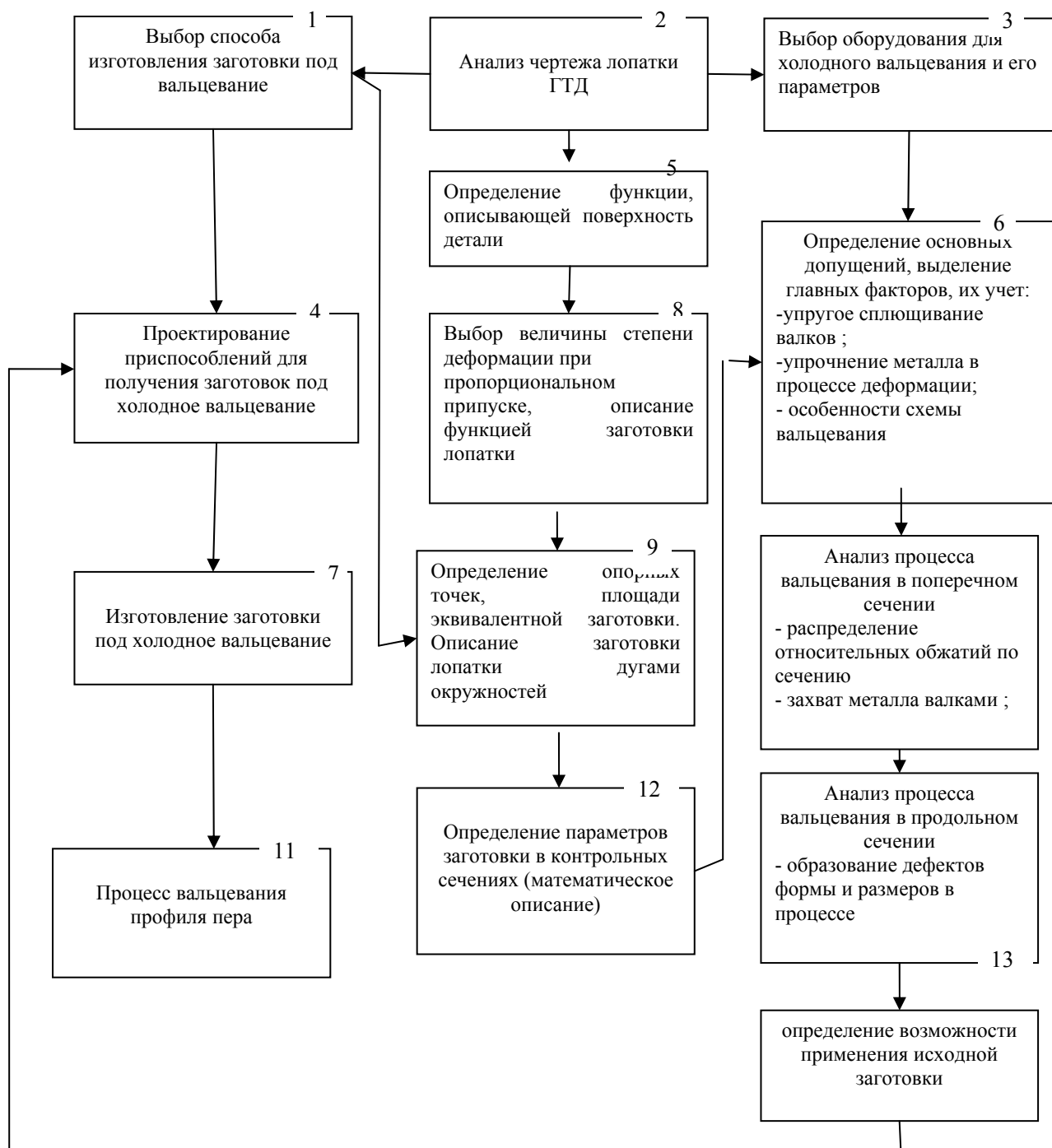


Рисунок 4. Алгоритм расчёта заготовки под холодное вальцевание лопаток ГТД.

Предложенная методика позволяет учесть способ наложения припуска на теоретический профиль пера лопатки, его распределение, жёсткость рабочих элементов оборудования, максимально выровнять скорости течения металла в околосромочных областях вальцуемой заготовки и повысить как надёжность технологического процесса так и качество лопаток авиационных двигателей.

Список литературы:

1. А.с. № 1517217 СССР, Кл. В 21Н 7/16. Способ изготовления лопаток газотурбинных двигателей.