

## Описание проекта

### «Инструмент для криогенной обработки материалов»

Разработчик: студент гр. Ам-1  
Третьяков Андрей Юрьевич

Руководитель: профессор кафедры ТиОМП  
Клименков Степан Степанович

*Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»*

Целью данного проекта является проектирование сопел для резки и обработки поверхностей в КОМПАС-3D.

Криогенная обработка материалов – одно из последних научно-технических достижений. Сущность обработки заключается в воздействии на материал струёй жидкого азота под давлением порядка 400 МПа, при этом скорость струи достигает 1020 м/с. При соприкосновении струи жидкого азота с материалом происходит резкое его охлаждение. В результате этого межзёрненная прослойка охрупчивается и нарушается связь между зёрнами. Кристаллические зёрна под действием давления струи выводятся из зоны резания. Также, жидкий азот, попадая в материал с температурой около 20 °С, испаряясь, расширяется в 700 раз. Расширение азота при переходе из жидкого в газообразное состояние увеличивает полезную кинетическую энергию и материал фактически разрывается изнутри. После использования газообразный азот рассеивается в воздухе, не причиняя вред окружающей среде. Практически неограниченная толщина резания материала, скорость и высокое качество поверхности являются главными достоинствами данной технологии. Ширина зоны резания ограничивается диаметром сопла и составляет 0,1...0,3 мм. К недостатку можно отнести факт того, что при резке тонкого металла (до 1 мм) более 5 секунд, он может рассыпаться из-за быстрого охлаждения до сверхнизких температур.

Технологическая схема позволяет наглядно показать принцип работы перспективной установки для криогенной обработки материалов. Установка состоит из следующих основных компонентов: источник жидкого азота, переохладитель, насос рециркуляционный, насос предпусковой, теплообменник, насосы-интенсификаторы, теплообменник-переохладитель, сопло.

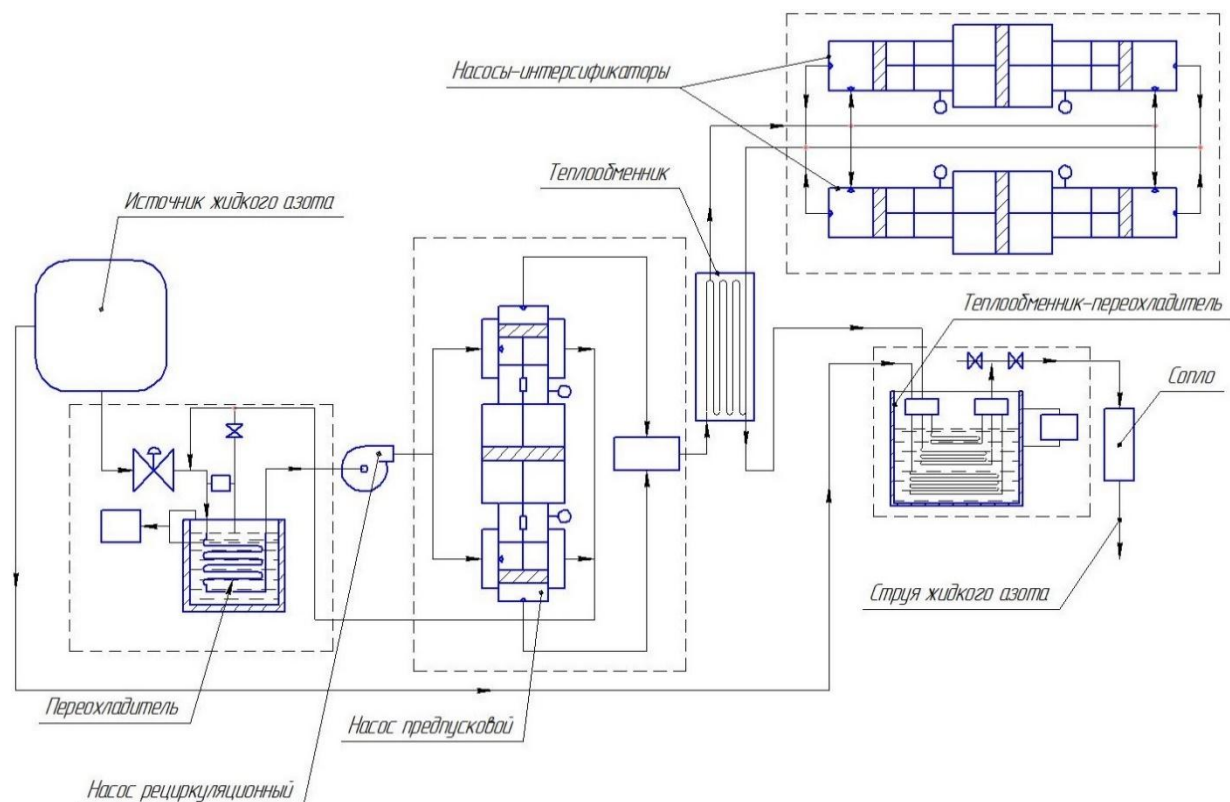


Рисунок 1 – Технологическая схема установки криогенной обработки

Работа установки основана на охлаждении жидкого азота, который постоянно нагревается в результате прохождения по магистралям трубопровода гидросистем. Из источника жидкого азота (в перспективе это может быть любой криоген, будь то жидкость или газ), криогенная жидкость поступает в переохладитель, где жидкий азот охлаждается с  $-167,7^{\circ}\text{C}$  до  $-190^{\circ}\text{C}$ . После прохождения рециркуляционного насоса жидкость попадает в предпусковой насос, который повышает давление азота в промежутке от  $103,4\text{МПа}$  до  $137,89\text{МПа}$ . Из-за повышения давления азота предпусковым насосом температура азота падает от  $-190^{\circ}\text{C}$  до температуры в промежутке от  $-112^{\circ}\text{C}$  до  $-123^{\circ}\text{C}$ . Затем теплообменник (через который проходит жидкий азот к насосам-интенсификаторам), благодаря тепловому обмену двух потоков (охлаждённого азота из теплообменника и “нагретого” азота из насосов-интенсификаторов), позволяет повысить давление криогена в насосах-интенсификаторах с  $103,4\text{МПа}$  до  $379,21\text{МПа}$ . После повышения давления более чем в три раза нагретый поток жидкого азота поступает в теплообменник-переохладитель, который с помощью теплообмена двух жидкостей (“нагретого” жидкого азота из насосов-интенсификаторов и “охлаждённого” жидкого азота из источника) охлаждает жидкость до  $-148^{\circ}\text{C}$ . В таком состоянии жидкий азот проходит через сопло и попадает на обрабатываемую поверхность.

Два предложенных варианта сопел имеют различное назначение. Один вариант используется для резки, а другой для поверхностной обработки различных материалов.

На рисунках 2, 3 представлено сопло для криогенной резки, выполненное в программе КОМПАС-3D. Был спроектирован ряд деталей, представляющих собой тела вращения. Сопло для резки состоит из следующих конструктивных элементов: корпус, втулка соединительная, камера смесительная, втулка, насадка и головка. Жидкий азот попадает в отверстие диаметром 2 мм, попадает в смесительную камеру, где, проходя через втулку,

диаметр струи уменьшается до 1 мм и жидкий азот смешивается с абразивом. Далее струя, попадая в головку, уменьшается в диаметре до 0,3 мм выходит наружу. Таким образом, сопло, пропуская жидкий азот через отверстия внутри конструктивных элементов, создаёт струю, диаметром 0.3 мм, которая выходит из головки со скоростью около 1020 м/с, что позволяет резать любые материалы, обеспечивая высокую точность и качество резания.

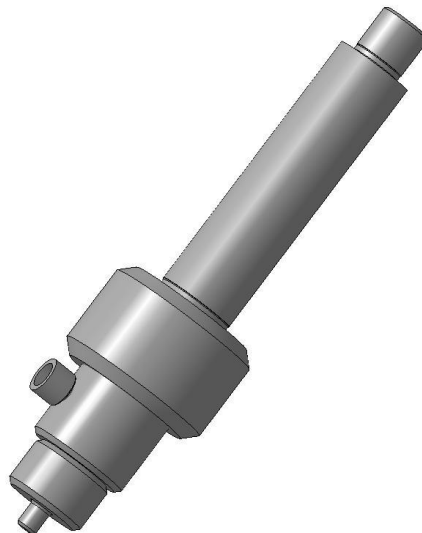


Рисунок 2 – Общий вид сопла для резки

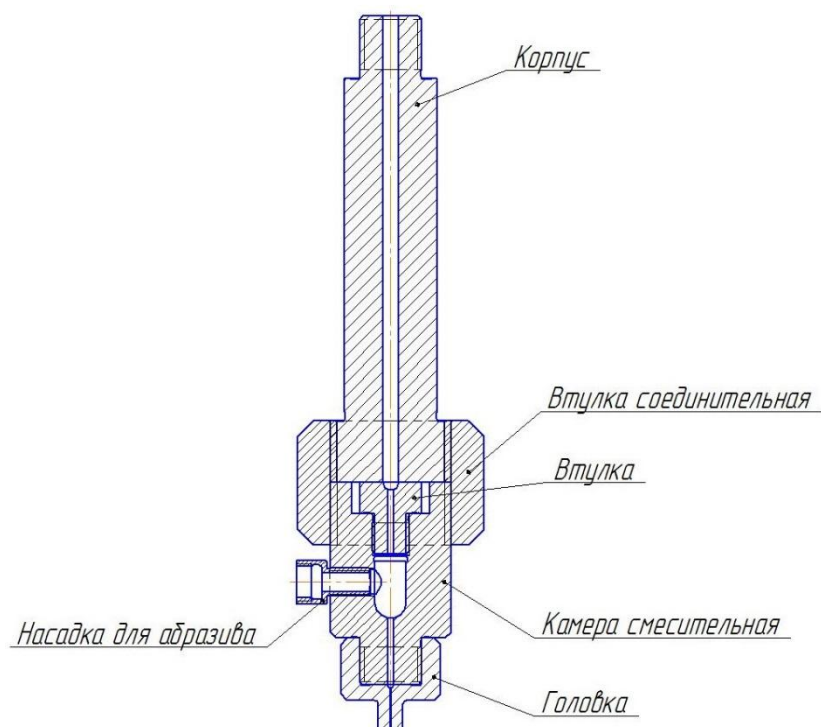


Рисунок 3 – Сопло для резки в разрезе

Следующий инструмент представляет собой сопло для обработки поверхностей, спроектированное в программе КОМПАС-3D (рисунки 4, 5). Сопло состоит из следующих компонентов: головка, патрон, сектор А, сектор В, сектор I, сектор II, сектор III, сектор IV,

сектор V, корпус, втулка прижимная обхватывающая, диск резервного уплотнения, кольцо промежуточное, уплотнительное кольцо, стакан.

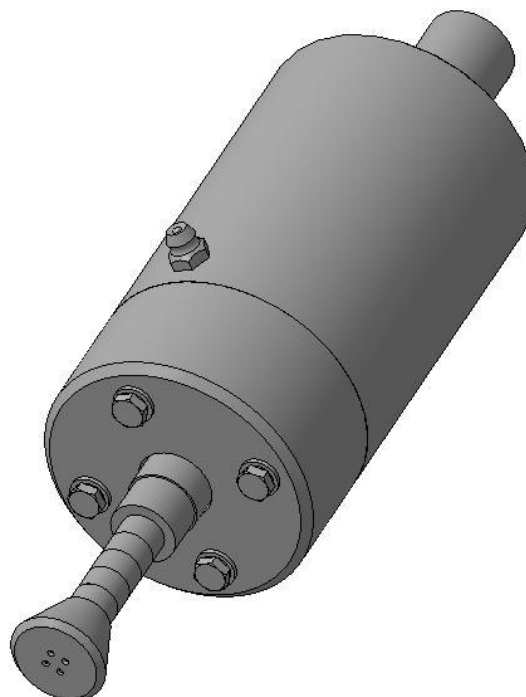


Рисунок 4 – Вид сопла для обработки поверхностей

Сопло предназначено для обработки поверхностей: отчистки от коррозии, краски, снятия нанесённых слоёв и т.д. Жидкий азот или другой криоген с абразивом, проходя через вращающийся вал и выходя наружу через специальную головку, производит очистку поверхности. В зависимости от типа поверхности и необходимого варианта обработки есть возможность регулировать давление жидкости и вращение сопла. В данном варианте головка 4-х позиционная, однако есть возможность установки различных головок в зависимости от задач. Структура вала разбита на сектора, что позволяет регулировать длину сопла, а также, в случае износа в тех или иных местах, не заменять инструмент целиком, а заменить лишь определённые элементы. Вал в корпусе вращается с помощью трёх подшипников: радиального и радиально-упорного (однонаправленный тип размещения), что позволяет лучше компенсировать осевые и радиальные нагрузки.

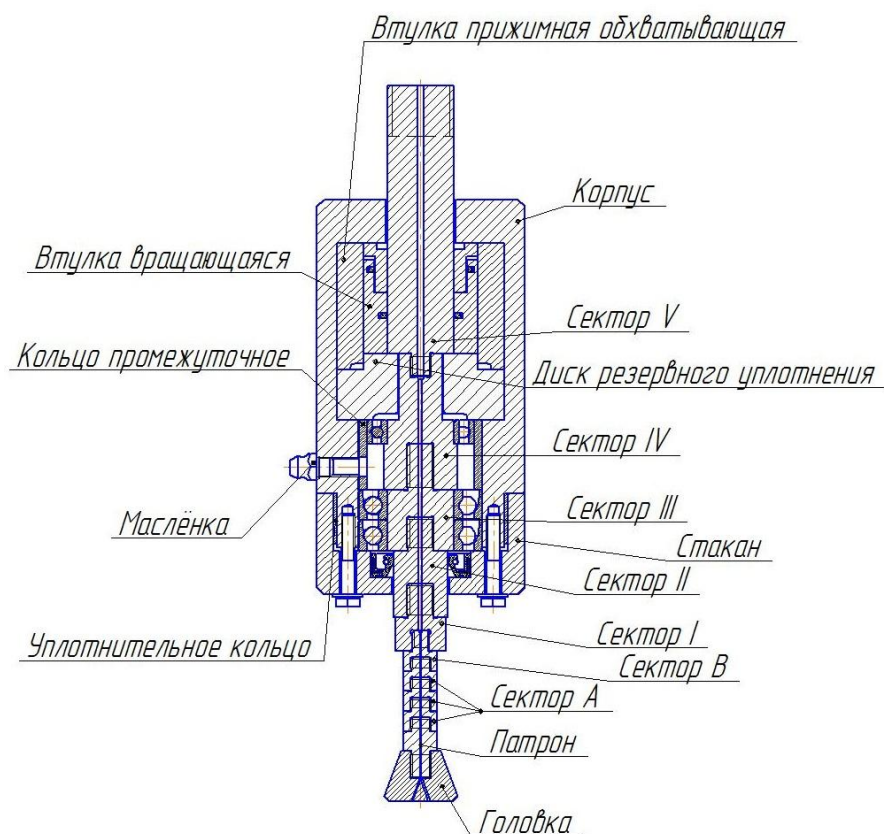


Рисунок 5 – Сопло для обработки поверхностей в разрезе

Отдельно стоит отметить, что все элементы сопел, соприкасающиеся с криогенной жидкостью, выполнены из полиэтилена со сверхвысокой молекулярной массой. Этот материал обладает высокой износостойкостью при сверхнизких температурах. Для смазки движущихся элементов используется аэрокосмическая смазка с криогенными характеристиками, которая представляет собой перфторполиэфирную смазку Christo-Lube® MCG-106 фирмы Lubrication Technology, Inc.

Данная технология имеет большое будущее. Радиоактивные и токсичные материалы могут быть утилизированы путём резки струёй жидкого азота без образования опасных отходов. Сухой остаток после резки удаляется всасыванием в изолированную ёмкость, использованный азот в газообразном состоянии отфильтровывается и растворяется в воздухе без нанесения вреда окружающей среде. Также есть возможность утилизации взрывчатых веществ, которые могут быть разрезаны струёй жидкого азота без детонации, что особенно актуально для разработки систем утилизации боеприпасов, которые сегодня просто взрывают, нанося значительный вред окружающей среде. Также, из-за возможности регулировки параметров, установка, использующая данную технологию, позволяет выполнять не только высококачественную очистку поверхностей металла от различных загрязнений, коррозии, и т.п., но и деметаллизацию. Так, например, возможно очистить сталь от защитного слоя цинка и других покрытий без повреждения основного металла.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Патентный поиск / [Электронный ресурс]: Режим доступа:

<https://patents.google.com/patent/US20060053165A1/en?q=US20060053165A1>. Дата доступа- 07.03.2019