

УДК 67.02

Автоматизация техпроцесса механической обработки титановых шар-баллонов

Драч Глеб Анатольевич

Жаргалова Аягма Дашибалбаровна (научный руководитель)

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Рассмотрены шар-баллоны, изготовленные из титанового сплава ВТ6, объемом 25 и 130 л. Используют данные шар-баллоны в ракетно-космической промышленности. Для повышения эффективности технологического процесса механической обработки полусфер титановых шар-баллонов были выполнены следующие задачи: разработаны чертежи деталей и заготовок, назначены допуски и шероховатости на обрабатываемые поверхности, составлен план обработки детали, составлена компоновка гибкого производственного модуля, проведено моделирование обработки детали в системе СПРУТКАМ.

Ключевые слова: шар-баллоны, автоматизация, титановый сплав ВТ6, механическая обработка, система СПРУТКАМ

Введение. Рассматриваемые шар-баллоны объемом 25 и 130 литров изготавливаются из титанового сплава ВТ6. Их используют в космической промышленности для хранения сжатого гелия, который применяют для раскручивания турбонасосного топливного агрегата двигателя ракеты. В качестве примера использования титановых шар-баллонов можно привести ракеты-носители «Ангара», «Протон-М» и «Бриз». Изготавливают шар-баллоны на воронежском механическом заводе (ВМЗ).

Разработка чертежей детали. В качестве заготовок на участке механической обработки используются полусферы, полученные объемной вытяжкой. Для достижения шероховатости $Ra_{0,8}$ на внутренней и наружной частях малой полусферы, допуск на обработку составил 0,05 мм [1]. Толщина стенок обработанной детали составила 5 мм, в то время как толщина сварной кромки 4 мм [2].

При обработки большей полусферы допуски на наружную и внутреннюю поверхности полусферы составили 0,05 мм [1]. Толщина стенок составила 8 мм, а толщина сварной кромки 6 мм [2] (рис. 1, 2).

Титановый сплав ВТ6 считается труднообрабатываемым, температура в зоне резания может достигать более 1000 °С, при увеличении скорости резания температура увеличивается, поэтому титановые сплавы как правило обрабатывают на небольших скоростях резания. Также при таких высоких температурах происходит легирование стружки материалом инструмента, что приводит к повышенному износу режущей части инструмента [3, 4]. Обработка детали производится за два установа. При черновой обработке торца скорость резания составила 30 м/мин, подача 0,05 мм/об. При уменьшении снимаемого слоя материала необходимо увеличивать скорость резания, но также для

предотвращения возгорания стружки нужно увеличивать подачу инструмента, поэтому при чистовой обработке торца скорость резания составляет 120 м/мин, а подача 0,08 мм/об. В качестве материалов для режущей части рекомендовано использовать сплавы ВК3 и ВК8. Были выбраны следующие аналоги данных сплавов: Н13А для режущих пластин, используемых при черновой обработке, и GC1105 (с PVD напылением) для получистовых и чистовых операций. Подобранные режущие инструменты, приведены в таблице.

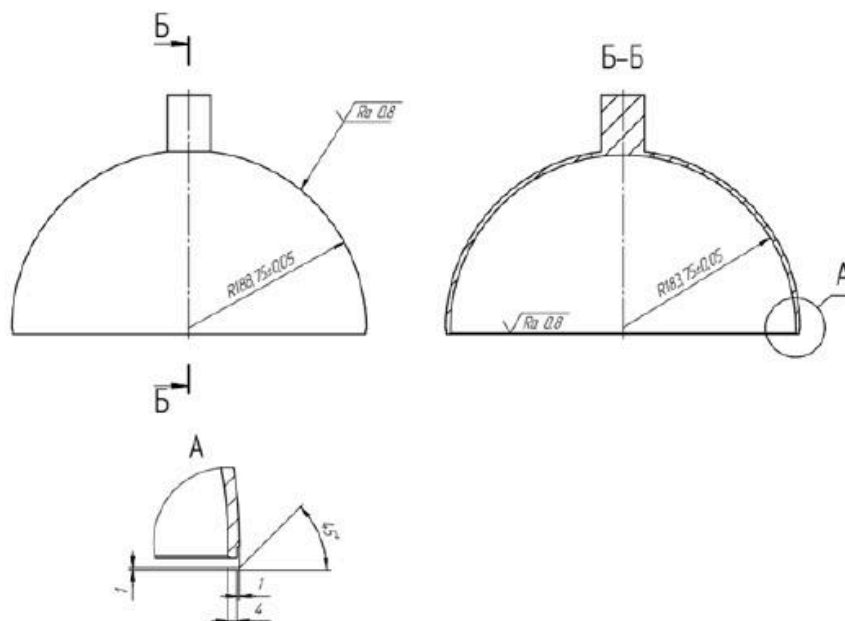


Рис. 1. Рабочий чертеж малой полусферы

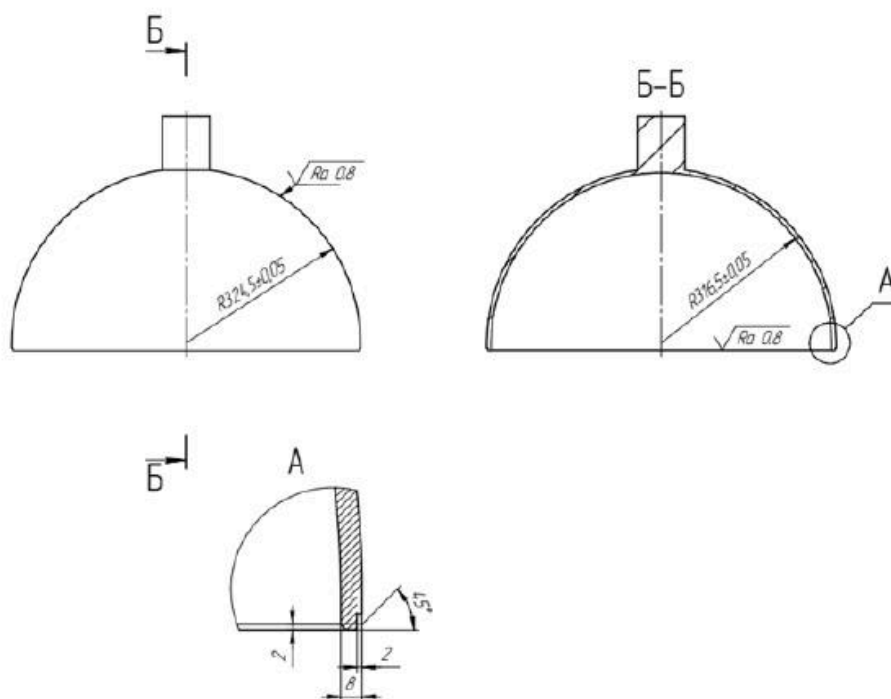


Рис. 2. Рабочий чертеж большей полусферы

Компоновка гибкой производственной ячейки. Гибкая производственная ячейка позволяет уменьшить время переналадки оборудования, сократить количество отходов и брака, а также дает возможность интеграции ГПЯ в гибкую производственную систему. Для того чтобы составить ГПЯ, нужно подобрать соответствующее оборудование. Максимальный диаметр заготовки составляет 810 мм, исходя из этого нами был подобран токарно-винторезный станок LD55, у которого наибольший диаметр заготовки над направляющими составляет 980 мм. Так как максимальная масса заготовки составила около 60 кг. Поэтому для транспортировки заготовок и деталей с конвейера на станок и обратно, был выбран робот манипулятор KR 120 R2500 pro фирмы KUKA, который способен перемещать детали весом до 120 килограмм в рабочей зоне диаметром 2496 мм.

Режущие инструменты

Номер инструмента	Название режущих пластин (ISO)	Материал режущих пластин	Группа инструмента	Конструкция инструмента	Форма пластин	Операции
1	CNMG 16 06 16-SMR	H13A	Проходной	Правый	C	1,0
2	DNGG 15 04 04-SGF	GC1105	Расточной	Левый	D	2,0
3	DNGG 15 04 04-SGF	GC1105	Проходной	Правый	D	3,4
4	DNGG 15 04 04-SGF	GC1105	Проходной	Левый	D	5,6

Для транспортировки заготовок и деталей был выбран ленточный конвейер с шириной конвейерной ленты 900 мм. Исходя из подобранного оборудования была спроектирована следующая компоновка гибкой производственной ячейки, приведенная на рис. 5.

В компоновочную схему (рис. 5) входит один токарный станок, один робот манипулятор и два ленточных конвейера.

Моделирование процесса обработки детали в системе СПРУТКАМ. СПРУТКАМ — современная CAD/CAM система для программирования 2-х, 3-х, 4-х, 5-и осевого фрезерования, токарной и токарно-фрезерной обработки, резки, BCO (HSM), станков швейцарского типа (токарных автоматов), многоканальной обработки, ЭЭО, наплавки, гибридных технологий и промышленных роботов, [5]. Данная система была выбрана для генерации управляющей программы и симуляции обработки детали. Моделирование обработки полусферы была выполнена на примере шар-баллона объемом 25 литров. Выбранный станок оснащен револьверной головкой. На рис. 6 можно увидеть проводимые операции. Обработка детали производится в два установа, сначала обрабатывается торец при черновом и чистовом точении, после произ-

водится внутренняя чистовая и получистовая обработка, дальше обрабатывается наружная часть полусферы при получистовой и чистовой обработке, на этом первый установ заканчивается. После того как деталь пере закрепят произведется наружная получистовая и чистовая обработка.

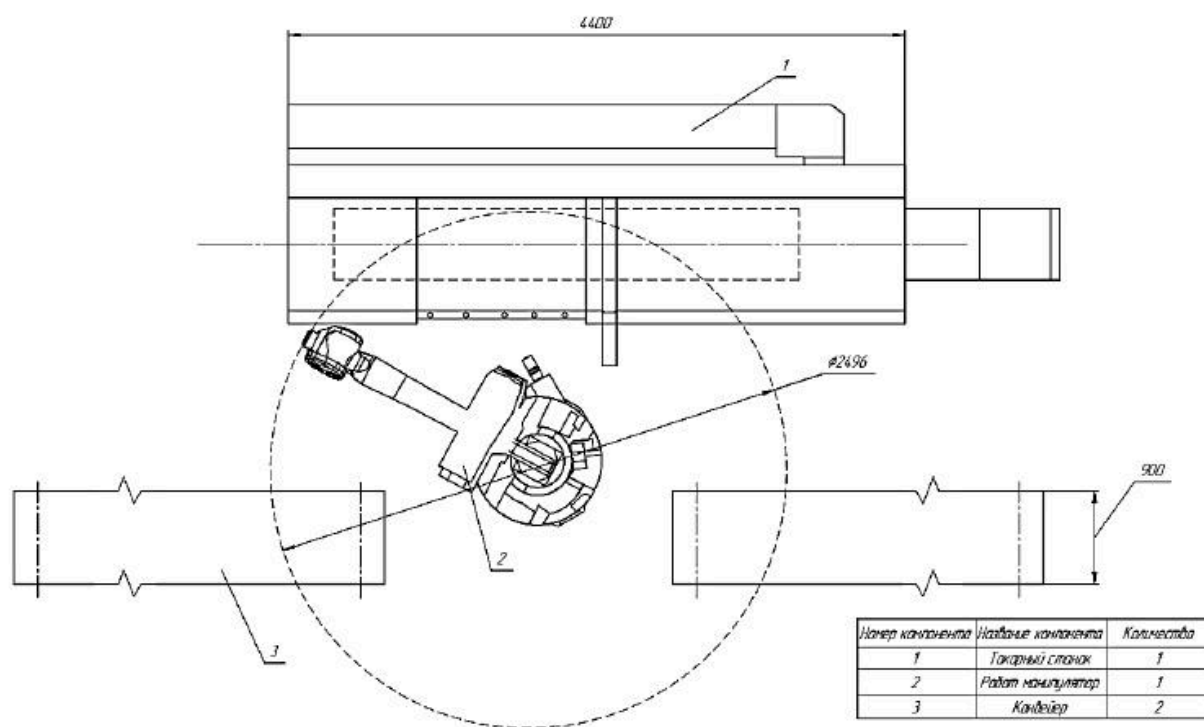


Рис. 5. Компоновка гибкой производственной ячейки

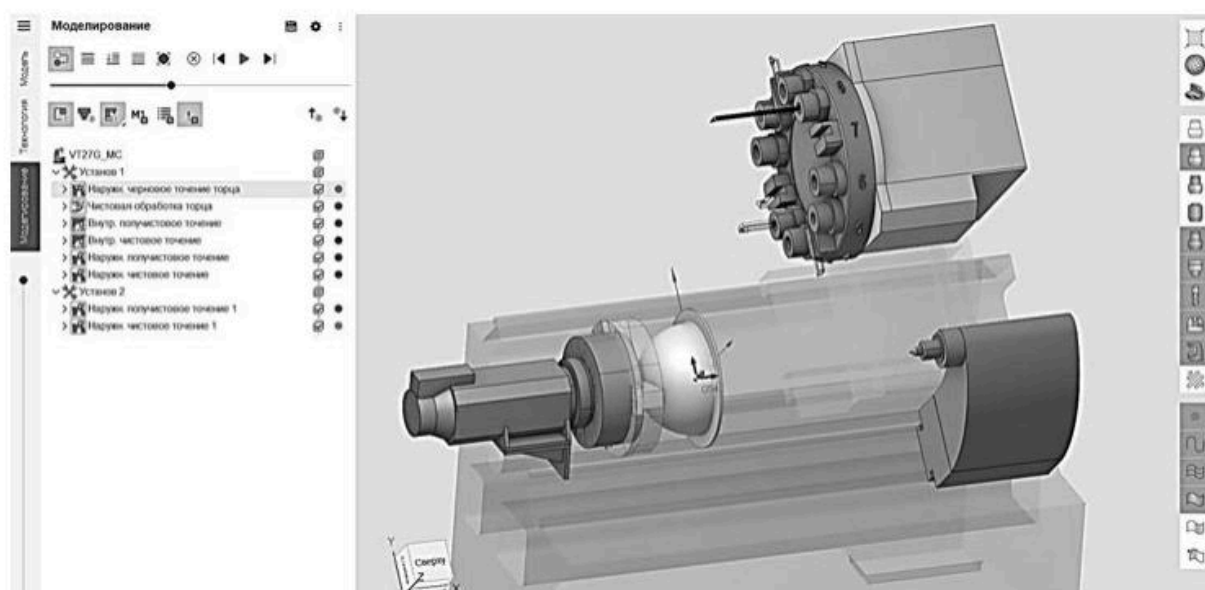


Рис. 6. Выбор операций

Были заданы траектории отвода и подвода инструментов таким образом, чтобы избежать столкновения с заготовкой. На рис. 7 красной прерывистой линией обозначена траектория подвода инструмента при внутреннем чистовом точении.

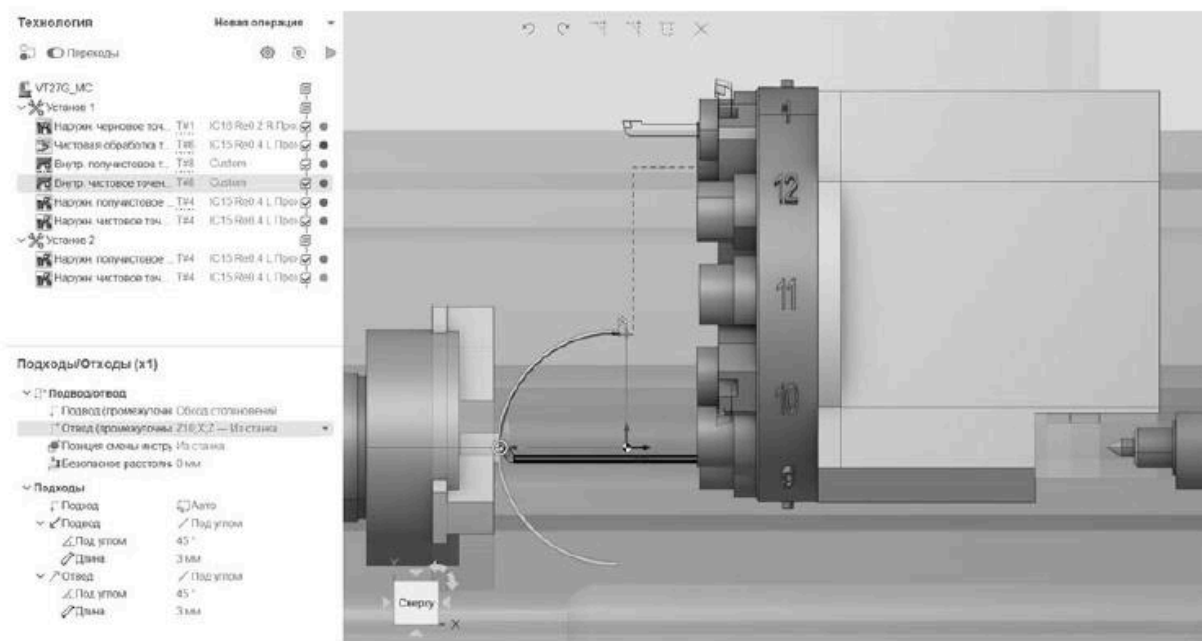


Рис. 7. Отвод и подвод инструмента

Закключение. В ходе проекта были назначены допуски на обрабатываемые поверхности, разработана маршрутная карта обработки детали, составлена компоновка гибкой производственной ячейки и сгенерирована управляющая программа в системе СПРУТКАМ.

Литература

- [1] ГОСТ 30893.2–2002. Допуски формы и расположения поверхностей, не указанные индивидуально. Москва, Изд-во стандартов, 2003, 12 с.
- [2] ГОСТ Р ИСО 13920–2017. Общие допуски на сварные конструкции. Москва, Стандартинформ, 2019, 11 с.
- [3] Жиляев С.В., Кугультинов Д.С. Влияние режимов резания на усадку стружки при точении титанового сплава ВТ6. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2011, № 3, с. 48–50.
- [4] ГОСТ 19807–91. Титан и сплавы титановые деформируемые. Москва, Изд-во стандартов, 2003, 9 с.
- [5] Официальный сайт СПРУТКАМ. URL: <https://sprut.ru/sprutcam> (дата обращения 05.06.2025).

Automation of the machining process for titanium spherical tanks

Drach Gleb Anatolyevich

Zhargalova Ayagma Dashibalbarovna (*scientific advisor*)

BMSTU, Moscow, Russia

The paper focuses on spherical tanks made of VT6 titanium alloy with volumes of 130 and 25 liters. These tanks are used in the aerospace industry. To improve the efficiency of the machining process for titanium spherical tank hemispheres, the following tasks were accomplished: Development of part and workpiece drawings, assignment of tolerances and surface roughness specifications for machined surfaces, creation of a part processing plan, design of a flexible manufacturing cell, simulation of the part machining process in the SPRUTCAM system.

Keywords: spherical tanks, automation, VT6 titanium alloy, machining, SPRUTCAM system