

УДК 62-251

## ПРОЕКТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РОТОРОВ ВИНТОВОГО КОМПРЕССОРА

Вэймин Чжэн, аспирант, 2 курс

Научный руководитель: Коротков А.Н., д.т.н., профессор.

Кузбасский государственный технический университет имени  
Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Роторы являются главными деталями двухвинтового компрессора. Их спиральные конструкции требуют для изготовления специальных станков. При этом предъявляются высокие требования к точности обработки и их последующему энергоэкономичному и эффективному функционированию. В данной работе проведено сравнительное исследование материалов, конструкций, методов обработки, технологических параметров и режущих инструментов, которые необходимы при изготовлении компрессоров данного типа. Сформирована эффективная и адекватная база данных, которая закладывает основу для обеспечения реального процесса изготовления роторов компрессора.

Этапы проектирования изготовления роторов двухвинтовых компрессоров включают в себя: определение характера и маршрута обработки, 3D-дизайн двухвинтовой структуры компрессора, процесс выведения уравнений, определение трехмерного размера деталей ротора с наружной и внутренней резьбой.

С помощью соответствующего программного обеспечения создается стандартная 3D-модель двухвинтовой конструкции компрессора, в виде сборного модуля роторов с наружными и внутренними витками. Путем моделирования и применения программного обеспечения осуществляется оценка эффективности кинематики работы роторов компрессора. Далее в цеховых условиях на станке выполняется пробная обработка детали, а полученные практические результаты и экспериментальные данные используются для дальнейшей коррекции результатов.

*Этапы проектирования процесса изготовления роторов:*

1. Выбирается материал для режущего инструмента. В данном случае выбирается режущий инструмент из инструментальной стали — 2Cr13, с высокой твердостью и стойкостью в закаленном состоянии. Такой материал часто используется для медицинских инструментов (хирургических скальпелей, ланцетов, пинцетов и др.), а также для деталей ответственных механизмов (лопастей турбин и др.)

Твердость стали 2Cr13 после закалки в масле при температуре 980 °C составляет 45~50HRC, а ее твердость после закалки при 1050 °C выше на 2 HRC. Однако микроструктура, полученная после закалки при 1050 °C, более грубая и хрупкая. Поэтому, рекомендуется использовать закалку при

температуре 1000 °C, чтобы улучшить микроструктуру и твердость. Ниже приведен химсостав данной стали и ее механические свойства (Табл. 1):

Таблица 1

<b>Химический состав (%)</b>						
Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера	Никель	Хром
≤0.25	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	≤0.60	12.00~14.00
<b>Механические свойства</b>						
плотность	отношение Пуассона	коэффициент расширения	модуль Юнга	модуль жесткости	прочность на растяжение	прочность текучести
7.75г/см <sup>3</sup>	0.29	18.2М/М°C (AT 20-100°C)	210.5 кН/мм <sup>2</sup>	70.3 кН/мм <sup>2</sup>	635-800кН/мм <sup>2</sup> (отжиг) 1300-1900Н/мм <sup>2</sup> (холодная обработка)	265МН/м <sup>2</sup>

## 2. Технологические параметры обработки

### 2.1. Параметры левого вращения «женского» ротора:

- а) шаг резьбы ротора SS2=550 мм;
- б) угол наклона ротора S2=180°;
- в) диаметр основания ротора 150 мм;
- г) угол установки ротора PS=37.242256683503513;
- д) внешний диаметр ротора 280.5094 мм.

### 2.2. Параметры правого вращения «мужского» ротора:

- а) шаг резьбы ротора SS1=330 мм;
- б) угол наклона ротора S1=300°;
- в) диаметр основания ротора 119.49 мм;
- г) угол установки ротора PS=37.815214478634338;
- д) внешний диаметр ротора 250 мм.

### 2.3. Технологические параметры обработки и сборки:

- а) шаг витков ротора 403.92 мм;
- б) длина роторов 224.4 мм;
- в) мощность двигателя металлорежущего станка: 64,3 кВт (справочная);
- г) скорость вращения 3000 об/мин;
- д) угол наклона «женского» ротора 33°51'12"(дуга 0.590856748295818);
- е) угол наклона «мужского» ротора 33°49'9"(дуга 0.590856748295818);
- з) отношение длины роторов 1:1;
- и) межцентровое расстояние 200 мм.

## 3. Цифровой аналоговый сбор данных

На рис.1 показан угол установки режущего инструмента. В том числе, радиус, направление, высота зуба, угол заднего наклона, угол бокового наклона, угол обработки и другие параметры режущего инструмента. Эти параметры определяют пространственный угол режущего инструмента, где угол наклона – там указано направление наклона инструмента, а угол обработки - направление обработки инструмента. С учетом заднего наклона, угол установки составляет 33°51 '12'.

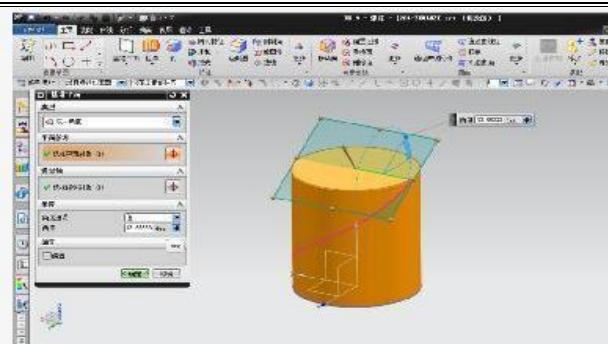


Рис. 1. Угол установки режущего инструмента

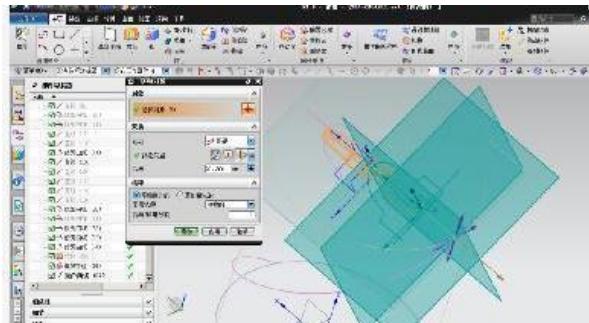


Рис. 2. Установка режущего инструмента

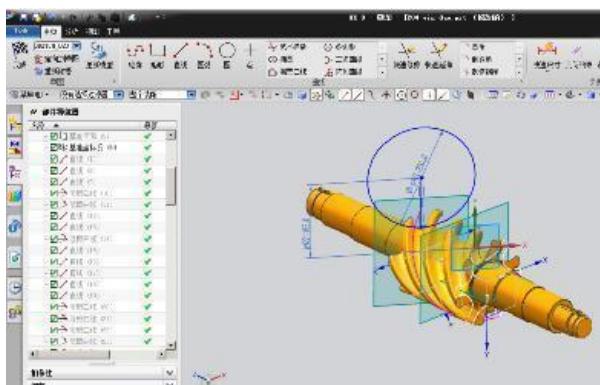


Рис. 3. Данные для обеспечения процесса резания

На рис. 2 показано расположение режущего инструмента. Радиус, направление, высота зуба режущего инструмента определяют расположение плоского центра инструмента. Радиус зависит от формы режущей кромки инструмента, размер угла заднего наклона характеризует способность зубьев фрезы обрабатывать ротор. Большое наклонение может улучшить процесс обрабатываемости. Учитывая вышесказанное, центральное положение инструмента составляет 57.899 мм.

На рис.3 показаны данные для обеспечения процесса резания. Подбирая (вычисляя) эти данные, можно обеспечить экономию производственных затрат, сократить цикл программирования инструмента и уменьшить сложность обработки и т.д.

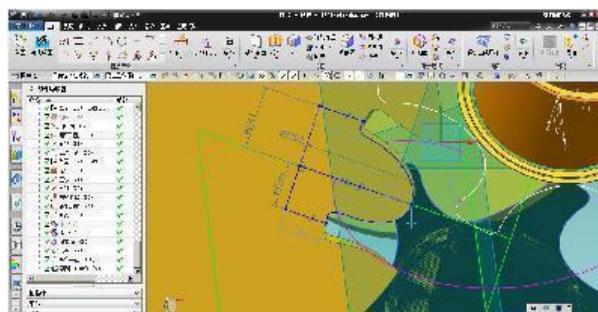


Рис. 4. Габаритные размеры инструмента

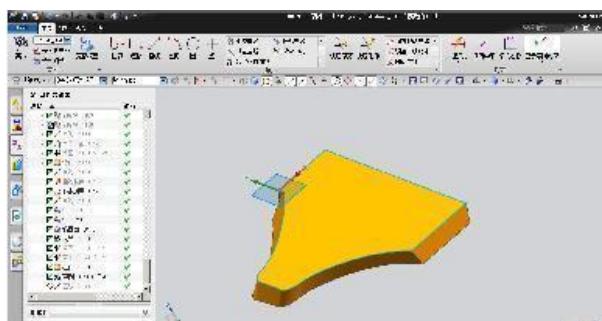


Рис. 5. Цифровой модуль инструмента

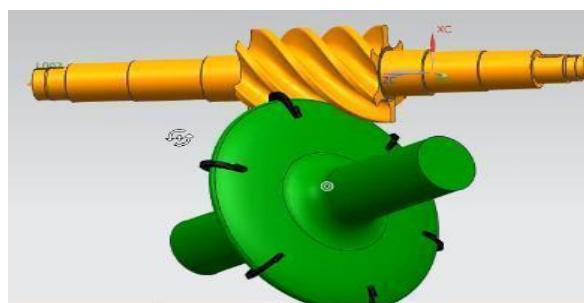


Рис. 6. Моделирование процесса обработки винтовой поверхности ротора фрезой с 6-ю зубьями на специальном станке

На рис.4 показаны габаритные размеры инструмента. Используя эти данные, а также формулу и принцип двухзаходного винта, можно обеспечить процесс обработки с заданной точностью.

На рис.5 показан цифровой модуль инструмента. На основе расчетов исходных данных, создания 3D-цифрового модуля, формируется общая модель процесса обработки, которая может имитировать эффект получения готовового изделия.

На рис.6 показано моделирование процесса обработки ротора компрессора, с помощью фрезы с шестью зубьями и специального станка для обработки винтовых поверхностей.

### Заключение

Используя 3D-цифровые модули, уравнения, поддерживаемые соответствующими данными, можно осуществлять моделирование реального

процесса обработки, получать достоверные технические результаты и корректировать параметры инструмента для обеспечения требуемой точности обработки роторов винтовых компрессоров на специальном металлорежущем оборудовании.

### Список литературы:

1. Xing ZW. Screw compressors: theory, design and application[M], Beijing: China Machine Press, 2003(1) <https://docs.lib.purdue.edu/icec/1492>
2. W. Reed et al. Internal Leakage in Sliding Vane Rotary Compressors[J],Purdue comp. Tech. Conf., 1980 <https://docs.lib.purdue.edu/icec>
3. Nikola S, Ian K S, Ahmed K, et al. Geometry of Screw Compressor Rotors and Their Tools[J]. Journal of Zhejiang University-Science A, 2011, pp. 24 DOI:[10.1631/jzus.A1000393](https://doi.org/10.1631/jzus.A1000393)
4. Wang, F.J. (2004) Computational Fluid Dynamics Analysis: Theory and Application of CFD Software. Tsinghua University Press, Beijing, 26-28, 39-44. DOI: [10.4236/jamp.2016.48156](https://doi.org/10.4236/jamp.2016.48156)