

УДК 621.91

В.У. Мнацаканян, д.т.н., проф., **С.Е. Ушанова**, студ., **Амирханова Э.Р.**,
Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС»

e-mail: artvik@bk.ru

Применение высокопроизводительных токарно-шлифовальных комплексов для обработки деталей роторно-вихревых насосов

Показана возможность усовершенствования технологического процесса изготовления деталей роторно-вихревых насосов на основе применения высокопроизводительных токарно-шлифовальных комплексов.

Ключевые слова: насос, ротор, износостойкий белый чугун, обрабатываемость, технологический процесс.

V.U. Mnatsakanyan, S.E. Ushanova, E.R. Amirkhanova

Application of High-Performance Turning and Grinding Complexes for Processing of Details of Rotor and Vortex Pumps

The possibility of improving the technological process of manufacturing parts rotary vortex pumps through the use of high-performance turning and grinding systems.

Keywords: pump, rotor, wear white cast iron, workability, process

В нефтедобывающей отрасли при добыче трудноизвлекаемых запасов нефти наряду с центробежными насосами эффективно применяются роторно-вихревые насосы (РВН). Применение последних целесообразно при работе в осложненных скважинных условиях, обусловленных значительной кривизной скважин, наличием низкопроницаемых пластов, повышенным содержанием механических примесей, больших отложений солей парафинов и других факторов. Для нефтедобычи используются погружные насосы типа РВНМ и насосы для поддержания пластового давления РВНП. [1].

Рабочим органом РВН является ступень, состоящая из закреплённых в корпусе насоса двух статоров и вращающегося между ними на валу насоса ротора (рис. 1). Эти детали образуют две тороидальные рабочие камеры, поток перекачиваемой жидкости в которых представляет собой пространственный вихрь, вращающийся вместе с ротором.

Схема ступени РВН

с боковыми рабочими каналами

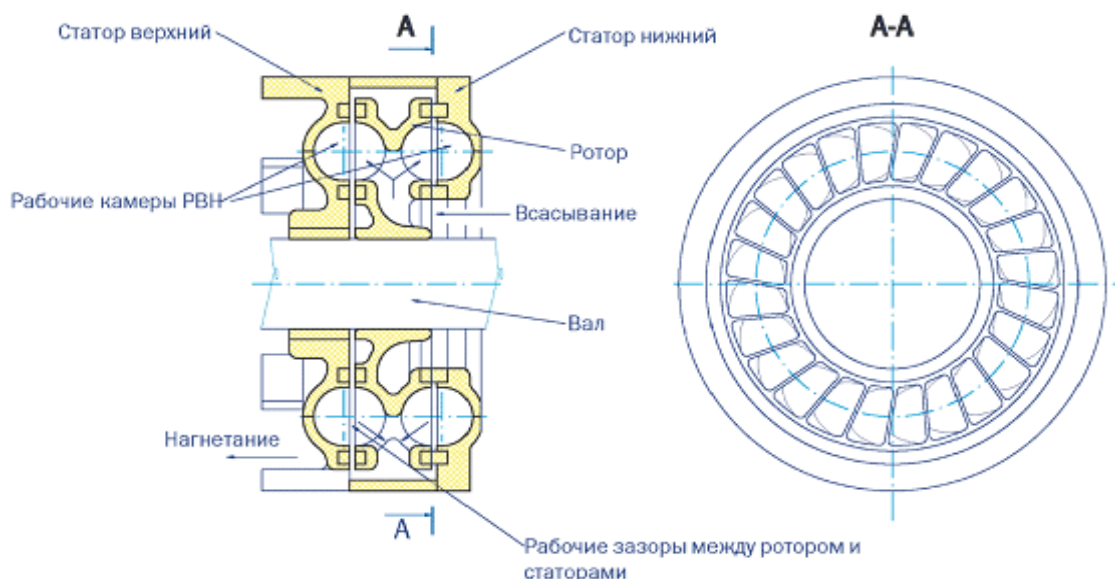


Рис. 1. Схема ступени РВН [1]

В основу принципа работы роторно-вихревого насоса заложен эффект гидромеханической резистивности (ЭГМР). Т.е., если рабочая жидкость в гидравлической машине многократно разгоняется и тормозится, напор, создаваемый одной ступенью такого насоса, в 6—10 раз выше, чем в центробежном насосе.

Насос состоит из модуль-секции входной и нескольких модуль-секций, стянутых между собой на резьбе, входного модуля и ловильной головки. Модуль-секция насоса состоит из набора роторов и статоров на общем валу насоса, расположенного в едином корпусе. Статоры и установленные между ними дистанционные втулки зажимаются в корпусе с помощью радиального подшипника и основания. Роторы устанавливаются на валу на шпонке. Дистанционные втулки определяют зазор между статорами и ротором, в котором и происходит вращение ротора.

Установка роторов на валу свободная плавающая, осевые усилия, действующие на каждый ротор, воспринимаются специальными упорными кольцами. Вал насоса вращается на трех радиальных подшипниках. Остальное осевое усилие от давления на торец вала воспринимаются пятой. Пары подшипников – керамика по керамике. В качестве керамики используется карбид кремния.

В таблице 1 представлены материалы, применяемые для изготовления основных элементов ступени насоса.

Работоспособность роторного узла, эксплуатирующегося в условиях интенсивного абразивного изнашивания, обеспечивается за счет применения для изготовления его элементов износостойкого белого чугуна марки ЧХ28Д2 (2,7 – 3% С, 0,7 – 1,4% Si, 0,5 – 0,8% Mn, 1,5 – 3,0 % Si, < 0,08% S, < 0,1% P). Высокая износостойкость чугуна данной марки обусловлена наличием в структуре значительного количества карбидов железа и хрома, благодаря которым белый чугун сохраняет высокую твердость и после термической обработки – высокого отпуска.

Таблица 1

Материалы, применяемые для изготовления основных элементов модуль-секции насоса

Наименования детали	Материал	
	марка	Нормативно-технический документ
Статор	Чугун ЧХ28Д2	ГОСТ 7769-82
Ротор	Чугун ЧХ28Д2	ГОСТ 7769-82
Вал	Прутки 17-Г-3-Т 05Х16Н4Д2Б	ТУ 14-1-3645-83 ТУ 90109-54452193-10-2003
Корпус	Ст. В 35	ГОСТ 1050
Втулка под статор	Л63	ГОСТ 15527-70
Нижнее кольцо	Карбид кремния	
Верхнее кольцо	Карбид кремния	
Подпятник	Сталь 40Х13	ГОСТ 5632-72

Ввиду сложной конфигурации деталей (рис. 2) и плохой обрабатываемости резанием белого чугуна, заготовки для роторов и статоров получают методом литья по выплавляемым моделям. Точность отливок 7-5-6-8 ГОСТ 26645-85, при этом шероховатость как базовых, так и проточных полостей составляет $Ra = 6, 3$ мкм, а припуски на механическую обработку находятся в пределах 1,1...1,4 мм. Выбор данного метода литья обусловлен и программой выпуска роторов и статоров (50000 шт/г), определяющей крупносерийный тип производства изготавливаемых деталей.

В литом состоянии высокохромистый белый чугун ЧХ28Д2 имеет закаленную структуру с твердостью в пределах 60 – 65 HRC. Для улучшения обрабатываемости резанием сразу после литья заготовки подвергают термической обработки – высокому отпуску при температуре 550 – 580⁰С в течение 2 часов для получения требуемой твердости в пределах 38 – 45 HRC.

В базовом варианте для реализации технологического процесса механической обработки роторов используются, главным образом, универсальные станки фрезерной, шлифовальной и токарной групп с ручным управлением. При этом для выполнения кольцевых канавок 1, 2, 3 (рис. 2) применяют электроэрозионную обработку. Такой технологический процесс включает 17 технологических операций, характеризуется достаточно высокой трудоемкостью и требует значительных производственных площадей для размещения технологического оборудования.

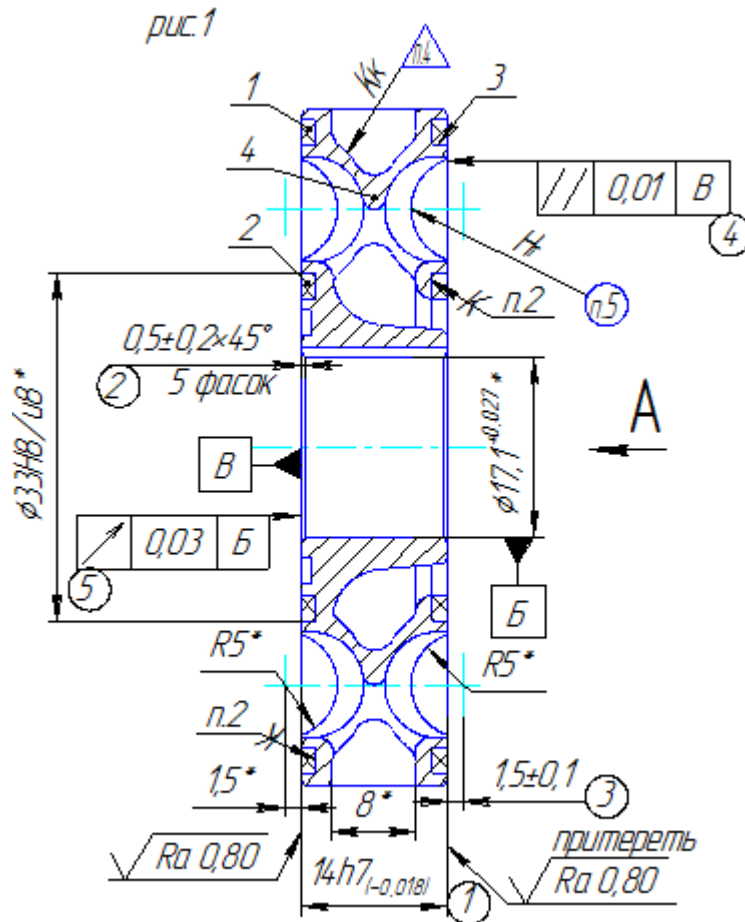


Рис. 2. Рабочий чертеж ротора насоса РВНМ

Повысить производительность обработки роторов и уменьшить трудоемкость их изготовления возможно за счет применения современных высокоэффективных токарно-шлифовальных обрабатывающих центров, сочетающих в себе как токарную, так и абразивную обработку, выполняемые за один установ заготовки. Такой подход к проектированию технологического процесса обеспечивает сокращение числа технологических операций и станков, обеспечивает возможность автоматизации производственных участков.

Реализовать комплексную обработку роторов и статоров можно, к примеру, с помощью токарно-шлифовальных обрабатывающих центров (ОЦ) [1]. На рис. 3, а, представлен общий вид станка VSC 400 DS для патронных деталей. Вертикальная компоновка ОЦ делает его достаточно компактным, а встроенная система автоматической загрузки, закрепления и выгрузки заготовки Pick-up – шпинделем позволяет минимизировать вспомогательное время на установку и снятие заготовки [1].

Обрабатывающий центр оснащен дисковой револьверной головкой с 12-ю токарными инструментами и двумя неподвижными шлифовальными шпинделями: 1- для внутреннего шлифования отверстий и 1 – для наружного шлифования (рис. 3, б).



а



б

Рис. 3. Общий вид (а) и рабочая зона (б) ОЦ VSC 400 DS

Контроль параметров точности детали осуществляется непосредственно на станке после обработки с помощью встроенной автоматизированной системы контроля посредством измерительного щупа (рис. 4) или измерительной оправки.



Рис. 4. Измерение параметров точности детали с помощью щупа

Технологические возможности обрабатывающего центра представлены на рис. 4 на примере полной обработки закаленной детали, где выполняются следующие переходы: I- выгрузка обработанной детали, II – захват Pick-up-шпинделем следующей заготовки и перевод ее в рабочую зону, III – твердое точение торцевой поверхности, растачивание отверстия и точение конуса, IV- окончательное торцевое точение со стороны патрона, V – окончательное шлифование конуса, VI – окончательное шлифование отверстия, VII – измерение параметров точности после обработки.

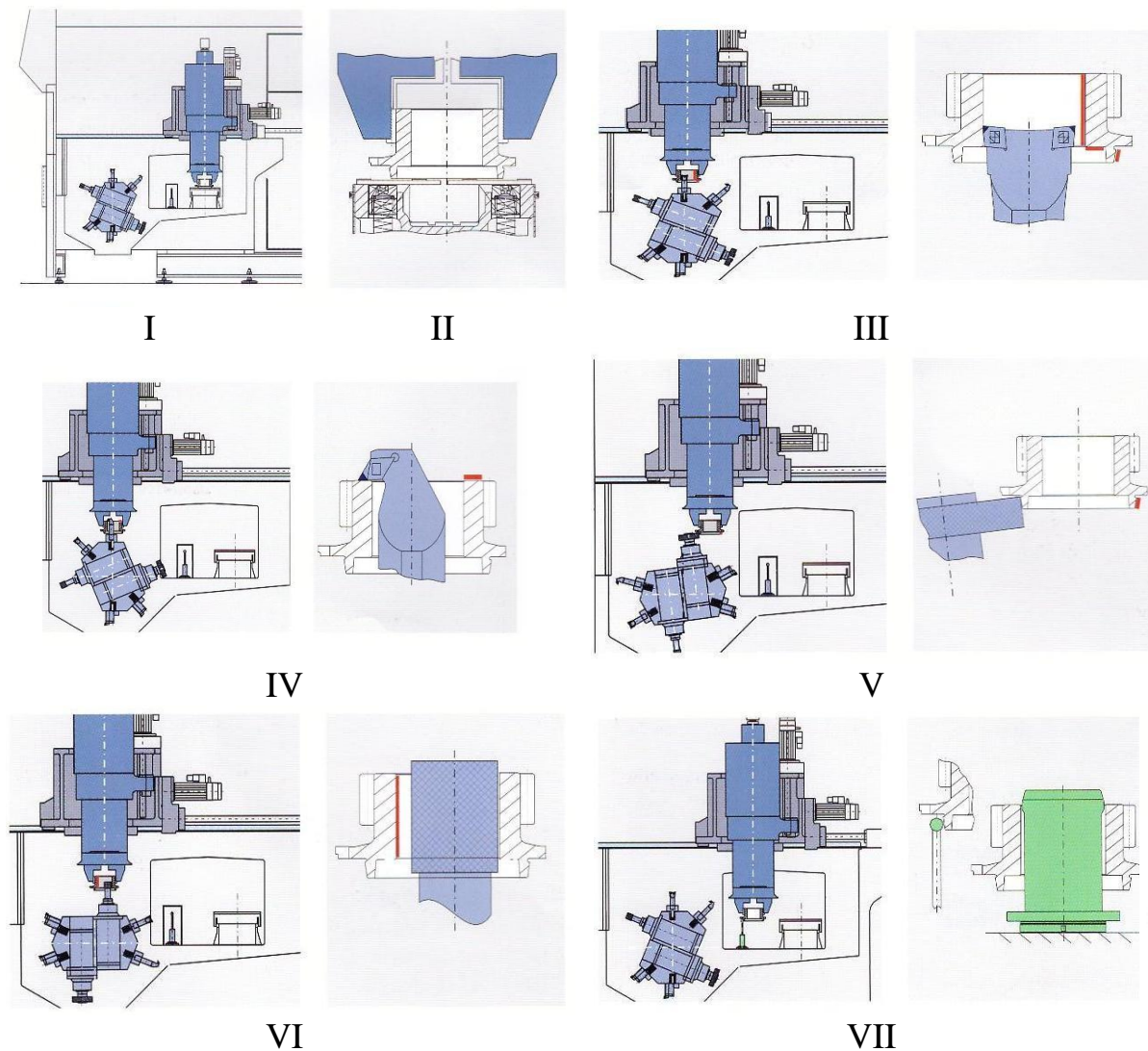


Рис. 4. Технологические возможности токарно-шлифовального комплекса при обработке закаленной детали [2]

Таким образом, применение токарно-шлифовального комплекса для деталей, изготовленных из износостойкого белого чугуна, позволяет выполнить за один установ токарную и шлифовальную обработку как наружных, внутренних цилиндрических, так и торцевых поверхностей, контролировать параметры точности заготовки в процессе обработки

непосредственного на станке, осуществлять автоматизированную загрузку заготовок на модуль и выгрузку их по окончании обработки.

Для обработки кольцевых канавок на торцевой поверхности ротора целесообразно применение двухшпиндельного токарного станка с ЧПУ и высокопроизводительного режущего инструмента на основе кубического нитрида бора, что позволяет осуществить предварительную и окончательную обработку канавок под керамические вкладыши на одном станке и исключить две электроэрозионные операции.

Применение современного оборудования с ЧПУ дает возможность сократить число технологических операций до 8 и уменьшить трудоемкость обработки ротора на 30 %.

Список литературы

1. Роторно-вихревые технологии <http://neftegaz.ru/science/view/551>
2. Каталог продукции EMAG.