

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ НА ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРАХ**

*Николай Егорович Гавриченко*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры фотоники и приборостроения, тел. (923)777-17-72, e-mail: dewhole1@gmail.com

*Павел Вадимович Петров*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотоники и приборостроения, тел. (905)958-50-92, e-mail: krasko.petroff@yandex.ru

В статье определяется понятие «технологические особенности». Рассматриваются и анализируются примеры технологических особенностей современного изготовления резанием сложных деталей механической части оптических приборов. Примеры содержат фрагменты изготовления деталей только на станках с ЧПУ типа «обрабатывающий центр». Данный тип металлорежущего оборудования принимается основным в условиях автоматизации обработки резанием металлических изделий. Утверждается необходимость систематизации особенностей изготовления изделий в оптической и сборочной технологии. Обращается внимание на практическую и теоретическую значимость данной работы.

**Ключевые слова:** технологические особенности, сложные металлические детали, механическая часть оптических приборов, обрабатывающие центры, анализ особенностей, современное изготовление

## **TECHNOLOGICAL FEATURES OF MANUFACTURING COMPLEX PARTS OF THE MECHANICAL PART OF OPTICAL DEVICES AT MACHINING CENTERS**

*Nikolay E. Gavrichenko*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (923)777-17-72, e-mail: dewhole1@gmail.com

*Pavel V. Petrov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (905)958-50-92, e-mail: krasko.petroff@yandex.ru

The article defines the concept of "technological features". Examples of technological features of modern manufacturing by cutting complex parts of the mechanical part of optical devices are considered and analyzed. The examples contain fragments of manufacturing parts only on CNC machines of the "machining center" type. This type of metal-cutting equipment is accepted as the main one in the conditions of automation of processing by cutting metal products. The necessity of systematization of the features of manufacturing products in optical and assembly technology is stated. Attention is drawn to the practical and theoretical significance of this work.

**Keywords:** technological features, complex metal the details, mechanical part of optical devices, machining centers, analysis of features, modern manufacturing

## ***Введение***

Под технологическими особенностями изготовления сложных деталей механической части оптических приборов на станках с ЧПУ типа «обрабатывающий центр» (ОЦ) будем понимать оригинальные, не общепринятые на текущий момент времени приемы обработки, которые при этом являются обоснованными и эффективными для данного типа оборудования. Знание данных особенностей расширяет область их применения при условии обоснованности в каждом конкретном случае. Публикация такой информации могла бы стать аналогом материалов по обмену производственно-техническим опытом, которые издавались в советское время [1] и в настоящее время не выпускаются. Однако для этого необходимо дополнительно идентифицировать каждую технологическую особенность с ее автором, указать условия существования и обстоятельства выявления [2].

В данной статье приведены примеры некоторых технологических особенностей современного изготовления на ОЦ сложных деталей, которые составляют механическую часть оптических приборов. По мере увеличения частоты применения таких приемов, они перейдут из разряда оригинальных в разряд стандартных. Главная задача данной работы – обратить внимание на необходимость систематизации информации о технологических особенностях современного изготовления сложных деталей механической части приборов на ОЦ, а также выполнить анализ некоторых примеров. Рассмотрение особенностей для изготовления изделий резанием именно на обрабатывающих центрах вызвано ведущей ролью этих станков в цифровизации приборо- и машиностроения.

## ***Методы и материалы***

Для получения результатов использовались системный подход, поиск и анализ эмпирической информации, полученной в основном, путем личных наблюдений, анализа документальных описаний комплексных операций на ОЦ, а также очных свидетельств операторов, работающих на ОЦ.

## ***Результаты***

Известно, что при изготовлении резанием сложной детали на ОЦ, существует необходимость всесторонней обработки изделия, чтобы за одну-две операции получить деталь без дальнейшей обработки. Традиционно для такого случая разрабатывается специальное приспособление, которое выполняет две функции [3]. Во-первых, для надёжного удержания исходной заготовки, которая приближена по форме и размерам к исходной детали, а во-вторых, для обеспечения наибольшего доступа инструмента ко всем поверхностям, обрабатываемым в операции. Единственным, но существенным недостатком такого решения является необходимость разработки и изготовления специального приспособления.

С недавнего времени было найдено другое решение: использовать стандартное универсальное приспособление с одновременным упрощением формы исходной заготовки. Исходная заготовка становится при этом более технологичной и менее затратной, а схема установки – простой, быстрой и точной. Пример из практики одного из приборостроительных заводов Новосибирска предполагает изготавливать сложную корпусную деталь, типа «не тело вращения», на вертикальном ОЦ из штучной заготовки цилиндрической формы, предварительно полученной из прутка круглого сечения. Заготовка устанавливается в самоцентрирующийся трёхкулачковый патрон той частью, которая затем будет удалена механическим образом. Одним из недостатков такого решения является низкий коэффициент использования материала, однако для малой партии исходных деталей это не критично. Второй недостаток – рост числа рабочих ходов из-за увеличения объема срезаемого материала. При интенсивных режимах резания этот недостаток также не существен.

Второй пример, реально имевший место на производственном участке одного из академических институтов СО РАН, был описан в выпускной квалификационной работе [4], выполненной студентом очно-заочной формы обучения, который работал оператором станка с ЧПУ типа ОЦ. Данный пример иллюстрирует аналогичный принцип: закрепление обрабатываемой заготовки по той ее части, которая затем будет удалена. Для этого применяется несложное, но оригинальное приспособление типа «Раптор». Особенность его в том, что прижим заготовки совершается через направляющие, выполненные на удаляемой части изделия. Общий вид установки изделия в приспособлении типа «Раптор» по направляющим, выполненным в заготовке, представлен на рис. 1. Основное преимущество данного приспособления состоит в обеспечении наилучшего доступа режущих инструментов к заготовке. Недостатком является необходимость выполнения направляющих на изделии с последующим их удалением.



Рис. 1. Общий вид установки изделия в приспособлении типа «Раптор» по направляющим, выполненным в заготовке

Одним из существенных факторов, влияющих на содержание комплексной операции, выполняемой на ОЦ, является наличие в конструкции детали мелких отверстий, необходимых для обработки. Под мелкими, или микроотверстиями понимаются отверстия диаметром от 0,1 до 2,0 мм [5]. Среди моделей ОЦ, на которых не выполняют или не рекомендуют обработку таких отверстий, есть станки не только ранее разработанные, но и многие современные. К ним относятся, например, такие модели, как МС-032 (Болгария), W-50 (Швейцария), ВА-20 (Германия), VF-2 (США), Mini Mill (США). Данные ограничения связаны с тем, что мелкие сверла являются наименее надежными инструментами и часто ломаются, в том числе при глубоком сверлении и из-за дефектов литья в заготовке. В этом случае обработка отверстий выделяется в отдельную операцию и выполняются в кондукторах на универсальных сверлильных станках. В последнее время, например, на обрабатывающих центрах моделей, перечисленных выше, стал применяться технологический прием, который можно рассматривать как компромиссный. При высокой точности позиционирования режущего инструмента, равной 3-5 мкм, в комплексной операции на ОЦ можно выполнять автоматическую разметку будущих мелких отверстий, а непосредственное сверление выполнять на универсальных сверлильных станках, но без кондукторов.

Среди современных станков с ЧПУ появились модели ОЦ, для которых ограничений на сверление мелких отверстий почти не существует, например, MILLTAR 700 (Германия), NXV-560A (Тайвань), MU-400VII (Япония), VARIAXIS j-500 (Япония) [6].

Притупление острых кромок и снятие фасок, в ходе и после станочных операций резания, всегда было объектом внимания и совершенствования. В случае точения (расточивания) и сверления поверхностей вращения притупление кромок, как правило, выполняется в той же операции. В случае фрезерования на станках с механическим и числовым программным управлением образуемые острые кромки притуплялись в отдельной слесарной или виброабразивной операции.

В связи с разработкой специализированных фасочных фрез, общий вид которых представлен на рис. 2 [7], появилась возможность притуплять острые кромки не в отдельной операции, а в той же комплексной операции на ОЦ, где обрабатываются все основные поверхности изделия. Надо признать, что фасочные фрезы в металлообработке на отечественных предприятиях пока не нашли широкого применения и, в том числе, по причине высокой стоимости инструмента (например, стоимость одной такой фрезы может достигать 40 тысяч рублей и выше [7]). Показательно, что в российском техническом издании 2007 года [8] сведения о фасочных фрезах отсутствуют.

Возможности ряда моделей современных ОЦ позволяют выполнять так называемое полигональное точение многогранников. Полигональное точение основано на синхронизации, с определенным соотношением, угловых скоростей вращения обрабатываемого изделия и инструмента, а количество сторон многогранника зависит от числа зубьев фрезы [9].



Рис. 2. Основные типы фасочных фрез:  
1, 2, 3 – фрезы фасочные; 4 – фреза фасочная для обратной фаски

Данный прием, в частности, выполняется на токарном обрабатывающем центре модели L230LMSA (Южная Корея) с осью  $Y$  для вертикального перемещения инструмента [10]. Время обработки в этом случае уменьшается в несколько раз по сравнению с фрезерованием многогранников обычным способом. Примеров широкого промышленного применения данного способа обработки на российских предприятиях не установлено.

### *Обсуждение*

В современной производственной России, в отличие от советского периода, сложилась практика информационного отчуждения предприятий, когда каждое частное и конкретное производство стало «само за себя». Как следствие, в силу конкуренции и самой природы технологической деятельности [11], отсутствие между предприятиями обмена производственным опытом, сокрытие технологических приемов и секретов, способствующих эффективному развитию того или иного производства. В тоже время, на сайтах интернета [12], на страницах производственных и научно-популярных изданий, а также в научных статьях и диссертациях происходит обсуждение общих тенденций и результатов частных научных исследований. Данная статья относится к этой разновидности подачи информации. Приводимые в статье технологические особенности являются результатом субъективных наблюдений, выполненных в инициативном порядке, однако основанных на достоверной информации. В общей сложности рассмотрены и проанализированы пять технологических особенностей, наличие которых зависит от технических и технологических возможностей применяемых станков с ЧПУ типа «обрабатывающий центр» [13].

### *Заключение*

Систематизация технологических особенностей изготовления сложных металлических деталей, которые составляют механическую часть оптических приборов, имеет практическое и теоретическое значение. Практический смысл, в контексте содержания данной статьи, состоит в демонстрации возможностей

металлорежущих станков типа «обрабатывающий центр», а также в распространении прогрессивного производственного опыта. Теоретическое значение заключается в развитии научных основ технологии обработки резанием на станках с ЧПУ.

Целесообразно выполнение подобных работ в отношении других технологий, применяемых для изготовления оптических и оптико-электронных приборов, например, технологии изготовления оптических деталей, технологии сборки приборов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приборостроение и оптико-механическое производство. Часть 3. Материалы по обмену производственно-техническим опытом /Под общей редакцией С.И. Фрейберга. Москва, Государственное издательство оборонной промышленности, 1954. – 35 с.
2. Катков И.А. Экспертиза профессионального почерка технологов механических цехов (для программируемого оборудования) /Выпускная квалификационная работа по направлению 12.03.01 Приборостроение, Новосибирск, СГУГиТ, 2015. – 58 с.
3. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
4. Белоусов А.Д. Разработка технологического процесса изготовления детали штампа на станке типа ОЦ СФР /Выпускная квалификационная работа по направлению 12.03.01 Приборостроение, Новосибирск, СГУГиТ, 2019. – 43 с.
5. Обработка отверстий [Текст] // Каталог и техническое руководство фирмы «SECO TOOLS», Швеция, 2010. – 534 с.
6. Липовская Т.В. Разработка и оптимизация вариантов комплексных операций по критерию наименьшей трудоёмкости / Выпускная квалификационная работа по направлению 12.03.01 Приборостроение, Новосибирск, СГУГиТ, 2020. – 49 с.
7. Фрезы фасочные для обработки фасок [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tme-osnastka.ru/frezy/frezy-fasochnye/> – Загл. с экрана.
8. Фельдштейн, Е.Э. Режущий инструмент [Текст] : учебное пособие/ Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич, М.И. Михайлов. – Минск : Новое знание, 2007. – 400 с. : ил. – (Техническое образование).
9. Что из себя представляет такой процесс как полигональное точение? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.bolshoyvopros.ru/questions/2998695-chto-iz-sebja-predstavljaet-takoj-process-kak-poligonalnoe-tochenie.html> – Загл. с экрана.
10. Hyundai wia l230lmsa характеристики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://yandex.ru/search/?clid=2186621&text=hyundai+wia+l230lmsa+характеристики&lr=65&redircnt=1617377186.1> – Загл. с экрана.
11. Петров П.В. О сущности технологии вообще и технологии оптического производства в частности/ ГЕО-Сибирь-2007. Т.4. Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника. Ч.1: сб. матер. III Междунар. научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2007», 25-27 апреля 2007 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2007. – С. 67–71.
12. Многофункциональность токарных станков: тенденции и решения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ritm-magazine.ru/ru/public/mnogofunkcionalnost-tokarnyh-stankov-tendencii-i-resheniya> – Загл. с экрана.
13. Гавриченко Н.Е., Петров П.В. Анализ и классификация обрабатывающих центров для изготовления деталей механической части оптических приборов/ Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVI Междунар. науч. конгр., 18 июня – 8 июля 2020 г., Новосибирск [Текст] : сб. материалов в 8 т. Т. 6 : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке». – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. № 1. С. 91-98.

© Н. Е. Гавриченко, П. В. Петров, 2021