

УДК 621

DOI 10.21685/2072-3059-2017-2-10

С. А. Нестеров, Д. А. Акимов, Н. Е. Артемова, А. С. Лемин

ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СПЕЦИЗДЕЛИЙ

Аннотация.

Актуальность и цели. При изготовлении корпусов специзделий возникает достаточное количество технологических трудностей, связанных с обеспечением формы, точности, технических требований, оптимальности производственных материальных и временных затрат.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования выбрана технология механической обработки корпусов специзделий. При рассмотрении проблем механообработки проанализированы имеющиеся в производственных циклах предприятий технологические решения.

Результаты. Представлен обзор проблем механической обработки корпусных деталей для специзделий и путей их решения на предприятиях на этапах механообработки.

Выводы. Предложенные решения позволят существенно повысить как качество обработки корпусных деталей, так и производительность обработки на машиностроительном производстве.

Ключевые слова: механическая обработка, корпус изделия, оборудование с числовым программным управлением.

S. A. Nesterov, D. A. Akimov, N. E. Artemova, A. S. Lemin

PROBLEMS OF MECHANICAL PROCESSING OF BODY PARTS FOR SPECIAL PRODUCTS

Abstract.

Background. Production of body parts for special production bears many technological difficulties associated with provision of certain shapes, precision, technical demands, optimal materials and terms.

Materials and methods. The research object is a technology of mechanical treatment of special products' body parts. Analyzing the problem of mechanical treatment the authors considered existing technological solutions applied in production cycles of real enterprises.

Results. The article presents an overview of problems of mechanical treatment of body parts for special products and their solution at production enterprises at the stage of machining.

Conclusions. The suggested solutions make it possible to increase the quality of body parts processing and to improve machining productivity as a part of mechanical production.

Key words: machining, body part, CNC equipment.

Введение

Практически все изделия собираются в корпусах, причем ответственные изделия изготавливаются из металла. При реализации изготовления ответственных корпусов используется как правило технология механической обработки лезвийным инструментом. Это связано с гораздо более выгодной

реализацией по соотношению затраты-качество при обработке по классической механообрабатывающей технологии, несмотря на большое количество методов для реализации формообразования корпусных деталей с применением современных технологий [1–3].

1. Анализ технологических проблем при обработке корпусов специзделий

Механообработка корпусов лезвийным инструментом обеспечивает весь комплекс технических требований, необходимых для функционирования приборов, это требования по точности сопрягаемых объектов, герметичности, защиты прибора от внешних воздействий, в том числе волновых, надежности работы в динамических режимах, долговечности функционирования и прочее. Но при реализации механообработки возникает ряд технологических проблем, которые приходится решать в процессе создания новых технологий:

- низкий коэффициент использования материала;
- высокая точность изготовления при ограничениях в отсутствие специального оборудования;
- высокие требования к взаимному расположению поверхностей, находящихся в разных плоскостях при сложностях перебазирования заготовок на технологических операциях;
- малая жесткость корпусов при наличии достаточно высоких усилий резания при механообработке;
- труднообрабатываемость материала корпуса;
- высокие требования к герметичности корпусов, работающих в опасных средах при использовании заготовок с пористой структурой.

Анализируя перечисленные проблемы, следует отметить, что определяющим этапом в начале проектирования технологии изготовления является анализ технологичности, от которого зависят принятые дальнейшие решения по организации производства. Особенно актуален этот этап для высокотехнологичных наукоемких машиностроительных производств. Авторами предлагается использовать для этого определенную методику, изложенную в работе [4]. А для решения приведенных выше проблем рассмотрим возможные методики, наиболее часто используемые в промышленности.

2. Пути решения проблемы механической обработки корпусных деталей специзделий

Для исключения неэффективного съема припуска на крупногабаритных корпусах (рис. 1) наиболее эффективно применять специальные заготовительные технологии (литье, штамповка, 3D-печать и т.д.), но в мелкосерийном производстве это экономически невыгодно, а в ряде случаев в технических требованиях присутствуют определенные характеристики, которые возможно обеспечить лишь механической обработкой лезвийным инструментом. Для эффективной реализации механообработки со съемом большого объема материала в практике авторов имеется опыт использования как стандартных высокопроизводительных фрезерных траекторий на станках с числовым программным управлением, генерируемых в САМ-системах [5–7], так и собственные наработки по созданию эффективных технологий формообразования на основе созданных программных средств [8–10].

Корпуса приборов, используемых для размещения движущихся частей, например корпуса гироскопов (рис. 2), имеют высокие требования по точности изготовления элементов конструкции, что накладывает высокие требования к оборудованию, инструменту и культуре производства. Для обеспечения высоких требований по точности (5–7 квалитет) особое значение имеет место контроль качества на финишных этапах производства всего производственного цикла: базирования корпуса – привязки инструмента – контроля готовой детали. Для обеспечения высоких точностных и качественных характеристик к большому количеству резьбовых элементов в корпусах авторы предлагают применять специальные технологические решения [11].



Рис. 1. Корпус крупногабаритного прибора



Рис. 2. Корпус гироскопа в сборе

Кроме точностных, к ряду корпусов добавляются высокие требования к взаимному расположению поверхностей, находящихся в разных плоскостях (рис. 3). Это накладывает высокие требования к оборудованию по количеству одновременно управляемых координат и необходимости обработки практически всех поверхностей за один установ. Применение классической обработки по трехкоординатной схеме обработки даже при применении высоко-

точного оборудования и технологической оснастки в данном случае не гарантирует высокой стабильности обработки при изготовлении партии изделий.

Обработка маложестких корпусов требует применения либо специальной технологической оснастки, обеспечивающей заневоливание тонкостенных элементов, либо использование низкопроизводительных режимов обработки (рис. 4). В ряде случаев используются специальные быстроудаляемые наплавляемые материалы, временно вводимые в часть обрабатываемой детали для обеспечения массивности всей конструкции в целом. Существуют и специальные приспособления для гашения вибраций при механообработке [12].



Рис. 3. Корпус прибора специального назначения



Рис. 4. Корпус прибора с малой жесткостью

В большинстве вариантов конструктивных решений материалом для изготовления металлических корпусов приборов и аппаратов являются алюминиевые сплавы. Это обусловлено минимизацией веса конструкции и обеспечением необходимых прочностных характеристик с достижением дополнительных технических требований, заложенных разработчиками. Кроме того, алюминиевые сплавы характеризуются достаточно легкой обрабатываемостью, что повышает технологичность конструкции в целом. В ряде случаев (рис. 5) в соответствии со специальными техническими требованиями в качестве мате-

риала назначаются коррозионностойкие материалы из ряда нержавеющей сталей. Как правило, они относятся к разряду труднообрабатываемых, и технологам приходится применять специальный режущий инструмент, смазочно-охлаждающие среды и малопроизводительные режимы обработки.

Для обеспечения герметичности тонкостенных корпусов (рис. 6) в первую очередь выполняется контроль качества материала на наличие пор, и вместе с описанными выше технологическими приемами применяют классические конструктивные элементы, гарантирующие невозможность проникновения внешней как жидкой, так и газообразной среды в зону работы внутреннего насыщения приборов.



Рис. 5. Корпус прибора из специального сплава



Рис. 6. Корпус прибора, работающего в герметичных условиях

Дополнительная обработка как гальваническими, так и химико-термическими методами обеспечивает повышенные свойства как по герметичности, так и по стойкости к внешним воздействиям.

Описанные выше технологические решения требуют дополнительных проработок с применением научных основ технологии машиностроения на основе опыта работ, изложенного в ряде работ авторов. Полученные решения позволят существенно повысить как качество обработки корпусных деталей, так и производительность обработки на машиностроительном производстве.

Библиографический список

1. Проектирование конструкции ортеза коленного сустава на базе научно-образовательного центра «новые технологии» пензенского государственного университета / А. С. Кибиткин, И. А. Митрошин, А. А. Зюзина, М. С. Шамионов, С. А. Нестеров // Вестник Пензенского государственного университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 160–166.
2. **Крутько, А. В.** Создание перспективных конструкций оболочек приборов на основе использования возможностей новых роботизированных литейных комплексов / А. В. Крутько, А. П. Ивакин // Системы управления и обработки информации. – 2017. – № 1 (36). – С. 106–111.
3. **Гулюта, Т. В.** Изготовление металлических корпусов на основе 3d-прототипирования в военной оптике / Т. В. Гулюта, О. К. Ушаков // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 9, № 2. – С. 29–32.
4. **Артемов, И. И.** Стратегия оценки технологичности конструкции изделий для высокотехнологичных наукоемких машиностроительных производств / И. И. Артемов, А. Е. Зверовщиков, С. А. Нестеров // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. – 2017. – № 1 (40). – С. 286–290.
5. **Евченко, К. Г.** Стратегия VORTEX и технология оптимизации machinedna от компании DELCAM – новые возможности для повышения производительности фрезерной обработки / К. Г. Евченко, Д. А. Маслов, А. В. Пинчук, С. А. Таликин // Автоматизация в промышленности. – 2013. – № 5. – С. 20–22.
6. **Машков, А. Н.** Разработка конструкции и технология изготовления протеза коленного сустава с применением программы фирмы DELCAM / А. Н. Машков, С. А. Нестеров, И. Рыков // САПР и графика. – 2014. – № 1. – С. 82.
7. САМ-система POWERMILL: изготовление моноколеса турбины за 2 часа! / Г. Тарабрин, М. Савельев, А. Машков, С. Нестеров, Е. Коблова // САПР и графика. – 2009. – № 10 (156). – С. 89–92.
8. **Самарцев, А. Ф.** Революция в механообработке. IMachining / А. Ф. Самарцев // CADmaster. – 2012. – № 2 (63). – С. 52–58.
9. **Нестеров, С. А.** Математическая модель контактирования инструмента и обрабатываемой поверхности при реализации САМ-программ / С. А. Нестеров // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. – 2014. – Т. IV, № 5. – С. 26–27.
10. **Лёмин, А. С.** Выбор оптимального вектора перемещения инструмента при фрезеровании сложнопрофильных поверхностей деталей / А. С. Лёмин, А. Е. Зверовщиков, С. А. Нестеров // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте : сб. ст. III Всерос. науч.-техн. конф. для молодых ученых и студентов с междунар. участием. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2017. – С. 254–257.
11. **Артёмова Н. Е.** Обеспечение качества поверхностного слоя деталей резьбовых соединений / Н. Е. Артёмова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2007. – № 4. – С. 3–8.
12. **Болсуновский, С.** Применение специальных гасителей вибраций при чистовом фрезеровании тонкостенных деталей / С. Болсуновский, В. Вермель, Г. Губанов // САПР и графика. – 2014. – № 8. – С. 110–112.

References

1. Kibitkin A. S., Mitroshin I. A., Zyuzina A. A., Shamionov M. S., Nesterov S. A. *Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Penza State University]. 2015, no. 2 (10), pp. 160–166.
2. Krut'ko A. V., Ivakin A. P. *Sistemy upravleniya i obrabotki informatsii* [Data management and processing systems]. 2017, no. 1 (36), pp. 106–111.

3. Gulyuta T. V., Ushakov O. K. *Interexpo Geo-Sibir'* [Geo-Siberia Interexpo]. 2017, vol. 9, no. 2, pp. 29–32.
4. Artemov I. I., Zverovshchikov A. E., Nesterov S. A. *Vestnik Rybinskoy gosudarstvennoy aviatsionnoy tekhnologicheskoy akademii im. P. A. Solov'eva* [Bulletin of Rybinsk State Aircraft Technological Academy named after P.A. Solovyov]. 2017, no. 1 (40), pp. 286–290.
5. Evchenko K. G., Maslov D. A., Pinchuk A. V., Talikin S. A. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Automation of industry]. 2013, no. 5, pp. 20–22.
6. Mashkov A. N., Nesterov S. A., Rykov I. *SAPR i grafika* [CAD and graphics]. 2014, no. 1, p. 82.
7. Tarabrin G., Savel'ev M., Mashkov A., Nesterov S., Koblova E. *SAPR i grafika* [CAD and graphics]. 2009, no. 10 (156), pp. 89–92.
8. Samartsev A. F. *CADmaster*. 2012, no. 2 (63), pp. 52–58.
9. Nesterov S. A. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Kabardino-Balkaria State University]. 2014, vol. IV, no. 5, pp. 26–27.
10. Lemm A. S., Zverovshchikov A. E., Nesterov S. A. *Innovatsii tekhnicheskikh resheniy v mashinostroenii i transporte: sb. st. III Vseros. nauch.-tekhn. konf. dlya molodykh uchenykh i studentov s mezhdunar. uchastiem* [Innovative technical solutions in mechanical engineering and transport: proceedings of III All-Russian scientific and technical conference for young scientists and students with international participation]. Penza: Izd-vo PGU, 2017, pp. 254–257.
11. Artemova N. E. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskije nauki* [University proceedings. Volga region. Engineering sciences]. 2007, no. 4, pp. 3–8.
12. Bolsunovskiy S., Vermel' V., Gubanov G. *SAPR i grafika* [CAD and graphics]. 2014, no. 8, pp. 110–112.

Нестеров Сергей Александрович

кандидат технических наук, доцент,
кафедра технологии машиностроения,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: nesterovs@list.ru

Nesterov Sergey Aleksandrovich

Candidate of engineering sciences, associate
professor, sub-department of mechanical
engineering technology, Penza State
University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Акимов Дмитрий Александрович

аспирант, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: tmspgu@mail.ru

Akimov Dmitriy Aleksandrovich

Postgraduate student, Penza State
University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Артемова Наталья Евгеньевна

кандидат технических наук, доцент,
кафедра теоретической и прикладной
механики и графики, Пензенский
государственный университет (Россия,
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: pnzgu.tpmg@mail.ru

Artemova Natal'ya Evgen'evna

Candidate of engineering sciences, associate
professor, sub-department of theoretical
and applied mechanics and graphics,
Penza State University (40 Krasnaya
street, Penza, Russia)

Лемин Андрей Сергеевич

аспирант, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: taniabc@rambler.ru

Lemin Andrey Sergeevich

Postgraduate student, Penza State
University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

УДК 621

Нестеров, С. А.

**Проблемы механической обработки корпусных деталей специздел-
лий** / С. А. Нестеров, Д. А. Акимов, Н. Е. Артемова, А. С. Лемин // Известия
высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. –
2017. – № 2 (42). – С. 109–116. DOI 10.21685/2072-3059-2017-2-10