

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ МЕЛКОРАЗМЕРНЫХ КАНАВОК ФАСОННОЙ ФОРМЫ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТАХ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В данной статье рассматривается проблема обработки мелкоразмерных канавок и, как вариант, нанесения гравировок на труднодоступных поверхностях деталей, где необходимо применять удлинители для режущего инструмента. Целью работы является повышение эффективности фрезерования мелкоразмерных канавок фасонной формы на пресс-формах для резинотехнических изделий при помощи специальной кондукторной втулки, позволяющей добиться уменьшения биения при большом вылете режущего инструмента и получить необходимую геометрию и чистоту поверхности газоотводящих канавок. Цель достигнута за счет применения специально разработанного кондукторного приспособления с гидростатическим подшипником.

Ключевые слова: резинотехнические изделия, пресс-форма, газоотводящие канавки, фрезерование, точность, форма, кондукторная втулка.

Введение. Анализ геометрии обрабатываемых формообразующих поверхностей деталей пресс-форм (рис. 1), в которых необходимо выполнить воздухоотводящие канавки, позволяет утверждать, что возникает необходимость использования удлинителей с цанговым зажимом. Проблема усложняется тем, что приходится применять угловые головки, которые позволяют устанавливать инструмент для обработки разнонаклонных участков канавки, чтобы обеспечить приемлемую жесткость фрезы. Для выполнения качественной обработки воздухоотводящих канавок, с требуемой точностью и чистотой поверхности рекомендуется обеспечивать биение твердосплавного инструмента диаметром 1 мм в пределах 2–5 мкм и предельное биение — до 10 мкм. Такое биение можно обеспечить при использовании термопатронов и минимально возможного вылета инструмента [1].

Практика показывает, что рекомендуемое биение, при использовании удлинительных оправок и цанговых патронов, обеспечить невозможно. При обработке канавок с использованием удлинителя длиной порядка 200 мм, качество обработки не соответствует требованиям конструкторской документации по параметрам шероховатости поверхности, а также из-за большого биения происходит поломка инструмента, что приводит к потере времени на его замену.

Причина, по которой было принято решение провести исследование точности установки фрез, заключается в нестабильной стойкости фрез при работе с удлинительными оправками. Стойкость колеблется от нескольких миллиметров до метра длины обработанной канавки. Фрезы в основном выходят из строя из-за поломки режущей части, крайне редко из-за износа. Износ классический — по задней грани, причем только при высокой стойкости инструмента.

Анализ зависимости изменения стойкости от фирмы-производителя, стоимости фрез и оснастки результатов не дали, картина хаотична. Квалификация рабочих также не оказала влияние на стойкость инструмента. Были проведены измерения биения фрез и получены нестабильные результаты: от 0,03 до 0,12 мм. Именно этот фактор оказывает доминирующее влияние на работоспособность инструмента [2, 3].

Кроме того, были проанализированы факторы технологического процесса, оказывающие влияние на стойкость инструмента и силы резания, которые могут определять поломки твердосплавных фрез от перегрузки [4–8]. Установлено, что СОЖ оказывает существенное воздействие на величину сил резания для сталей с твердостью до 280 НВ, а для производства матриц используется сталь с твердостью более 320 НВ. Режимы резания не оказывают

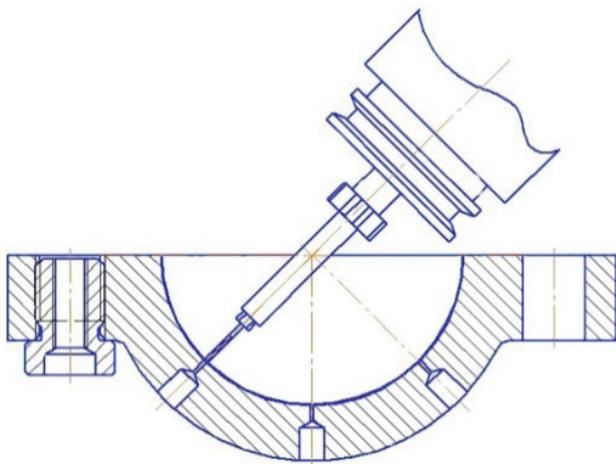


Рис. 1. Схема обработки канавок пресс-форм РТИ

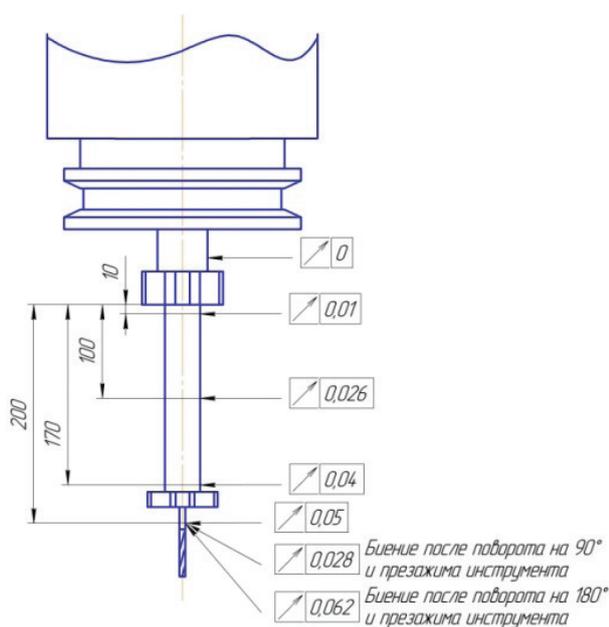


Рис. 2. Схема измерения биения удлинительной оправки и фрезы, установленной в шпинделе станка для обработки радиусных канавок пресс-форм РТИ

существенного влияния на силы резания и нагрузку на фрезы при изменении в пределах скоростей резания — 10–20 м/мин, что можно обеспечить угловыми головками и штатными шпинделями станков. Увеличение скорости резания в три–пять раз также не даст существенных результатов по силам [7, 9].

Постановка задачи. Для постановки задачи авторы сочли целесообразным произвести измерения биения по длине оснастки с цанговыми патронами, используемыми в производстве. В производстве используется два набора оснастки:

- штатный патрон станка с цанговым зажимом, в который устанавливается удлинительная оправка с цанговым зажимом, в котором устанавливается фреза (рис. 1);

- угловая головка с цанговым зажимом, в который устанавливается удлинительная оправка с цанговым зажимом, в котором устанавливается фреза (рис. 2).

Необходимо было исследовать величину биения обоих наборов оснастки на каждом элементе. Особенный интерес представляют цанговые зажимы, как причина биения [10].

Был выбран удлинитель производства Тайваня длиной 200 мм, установленный непосредственно в цанговый патрон BT50 со штатным набором цанг ER-16 и в угловую головку того же производителя.

Анализ геометрии обрабатываемых формообразующих поверхностей деталей пресс-форм, в которых необходимо выполнить воздухоотводящие канавки, был сделан вывод, что вылет торцевой части фрезы от цангового патрона или угловой головки находится в пределах 100–200 мм на разных участках.

Изменять вылет в процессе обработки различных участков нецелесообразно из-за больших потерь времени на поднастройку. Таким образом, приходится рассматривать самый неблагоприятный для биения вариант — вылет до 200 мм.

Для подтверждения данных результатов было принято решение провести еще один эксперимент на высокоточном удлинителе длиной 70 мм производства Германии. В результате эксперимента установлено, что биение фрезы несущественно зависит от производителя инструмента и оснастки, а определяется в основном вылетом оправки и фрезы. Данные эксперименты показывают, что выверкой позиционирования в цанге режущего инструмента при его установке можно добиться определенного уменьшения биения, но, как правило, это недостаточно для мелкоразмерного инструмента, и качество обработки нестабильно и иногда не соответствует конструкторской документации и экономически целесообразной стойкости до износа.

Для определения влияния биения при установке режущего инструмента в цанговый зажим удлинителя были проведены предварительные эксперименты: фрезу переустанавливали, повернув цангу вокруг своей оси на 90°, и измеряли биение. Было сделано два повторения и получены результаты, которые позволяют утверждать, что угловое положение цанги в патроне позволяет существенно изменить величину биения фрезы. Аналогичный эксперимент был проведен с поворотом удлинительной оправки. Но поворот цанги, в которой крепилась оправка, не привел к существенному изменению величины биения.

Результаты измерения позволили сделать вывод о доминирующем влиянии на величину биения фрезы цангового крепления.

Сравнение данных по биению оправки длиной 200 мм в штатной оправке станка и в угловой головке показало, что установка в оправке позволяет обеспечить значительно лучшие показатели. При этом в обоих случаях были использованы одни цанги и оправка. Разница объясняется несравнимо более высоким качеством шпинделя станка и угловой головки.

Возникает вопрос — зачем использовать угловые головки, если в штатной оправке биение меньше в разы? Причина в том, что в оправке можно обрабатывать канавки только на пятикоординатном станке, а с угловой головкой — на трех или четырех координатных станках с автоматическим или ручным делительным столом. На пятикоординатном станке имеется глобусный стол и формообразующие движения можно обеспечивать не поворачивая шпиндель. При уменьшении управляемых координат без поворота оправки с фрезой обеспе-

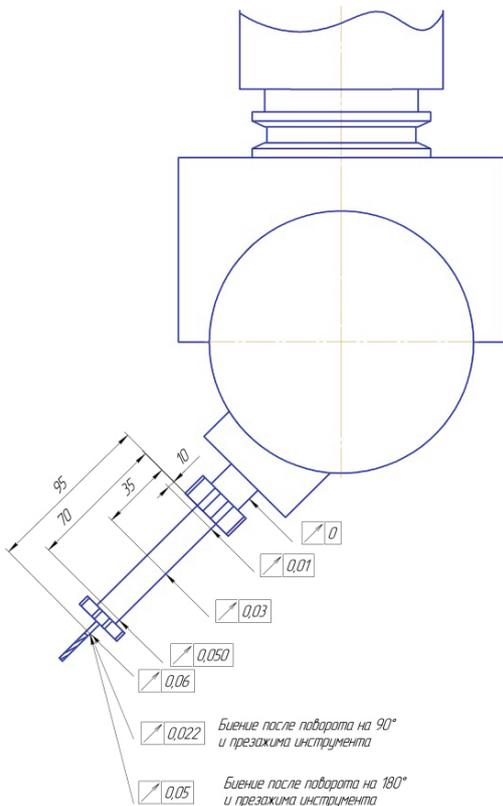


Рис. 3. Схема измерения биения удлинительной оправки и фрезы, установленной в угловой головке для обработки радиусных канавок пресс-форм РТИ

чить обработку канавки на криволинейной поверхности.

Результаты экспериментов. Эксперименты проводились на действующем в производстве оборудовании и оснастке. Использовался цанговый патрон ВТ50 и угловая головка производства Тайваня с удлинительной оправкой длиной 200 мм. Измерения производились микронным индикатором на магнитной стойке. Перед началом измерений индикатор был проверен в метрологической лаборатории.

Угловая головка устанавливалась в шпиндель станка. Удлинительная оправка, диаметром 16 мм, устанавливалась в цангу ER-25. В оправке устанавливалась цанга ER-16. В цанговый патрон — фреза. Схема измерений представлена на рис. 2 и рис. 3. Устанавливалось максимальное отклонение индикатора в каждом сечении при медленном вращении оправки, исключая погрешность. Наконечник индикатора плавно, без скачков, скользил по вращающейся цилиндрической поверхности. Измерения производились в каждом сечении по три раза с перенастройкой и предварительным натягом индикатора в десять микрон. Величины отклонения стрелки индикатора после перенастроек оставались стабильными, в пределах 0,5 микрона.

В результате экспериментов были построены графики биения удлинительной оправки и фрезы, установленных в цанговой оправке и в угловой головке (рис. 4 и рис. 5).

Обсуждение экспериментов. В результате экспериментов было установлено, что погрешность установки удлинительной оправки в цангах ER-25 существенно меньше, чем фрезы в цангах ER-16. Это объясняется большими посадочными поверхностями крупных цанг. Анализ графиков рис. 4 и 5 показывает, что нарастание биения при увеличе-

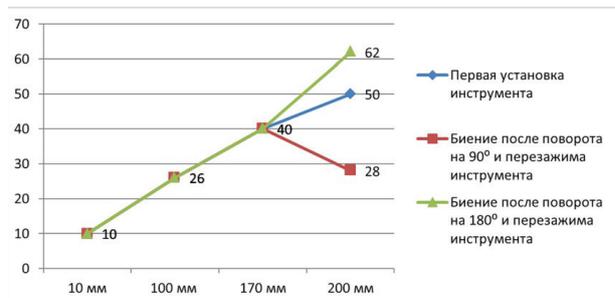


Рис. 4. Результаты измерения биения удлинительной оправки и фрезы, установленной в шпинделе станка для обработки радиусных канавок пресс-форм РТИ

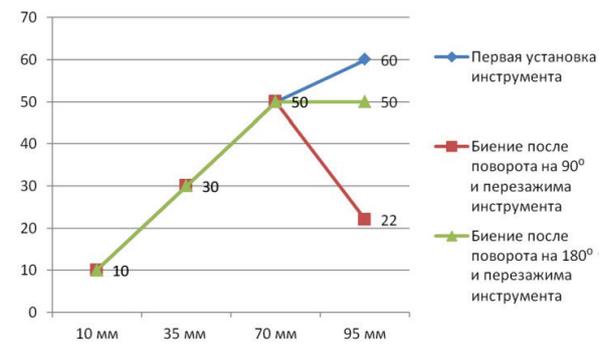


Рис. 5. Результаты измерения биения удлинительной оправки и фрезы, установленной в угловой головке для обработки радиусных канавок пресс-форм РТИ

нии вылета оправки в цангах ER-25 нарастает менее интенсивно, чем у фрез, установленных в цангах ER-16.

Картина биения позволяет сделать вывод: использование удлинительных оправок приводит к недопустимым величинам биения для применения твердосплавных сверл и фрез диаметром в 1 мм. Но другого технического решения для обработки радиусных канавок в пресс-формах не разработано.

Картина биения фрез в удлинительных оправках приводит к объяснению значительного разброса стойкости фрез. Установка цанг ER-16 под разными углами относительно оси может существенно увеличить биение фрезы, может уменьшить. Регулировка цанг в удлинительной оправке может обеспечить регулировку биения. Это приводит к парадоксальному выводу: чем ниже точность цанги в удлинительной оправке при большом ее вылете, тем выше точность установки фрезы можно обеспечить.

В результате работы возникает противоречие между рекомендациями по предельному биению фрез в литературе и реальными данными при использовании удлинительных оправок. Реальное биение превышает 30 мкм, при рекомендациях до 5 мкм. Если картину пропорционально увеличить в десять раз, то для фрезы диаметром 10 мм биение составит 0,3 мм, что недопустимо много, но фреза работать будет на пределе по прочности и с существенным понижением стойкости. Биение в 0,12 мм для фрезы диаметром в один миллиметр для фрезы диаметром 10 мм в пропорции составит 1,2 мм, что уже недопустимо и ненормально.

На основании проведенных измерений построена схема линейных и угловых погрешностей оправки и фрезы (рис. 6). Анализ погрешностей установки фрезы в наладке с удлинительной оправкой по-

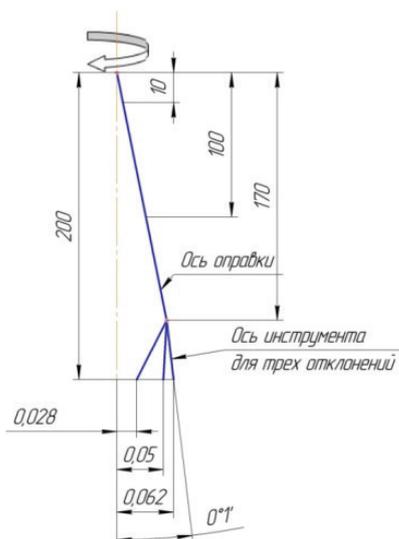


Рис. 6. Схема линейных и угловых погрешностей оправки и фрезы

казывает, что ось фрезы находится под наклоном. Это кажется существенным фактором, но угол поворота настолько мал, что не может привести к существенным последствиям, особенно по форме обрабатываемой поверхности. Величина наклона оси фрезы не превышает угла $0^{\circ} 1'$ при самом неблагоприятном варианте. Значительно большее влияние на процесс обработки влияет биение оси фрезы.

Заключение. Установлено:

1. Применение удлинительных оправок приводит к появлению биения, причем на угловых головках биение до двух раз выше, чем на штатных оправках.

2. Основной причиной появления биения фрезы при использовании удлинительной оправки является цанговый зажим самой оправки.

3. Уменьшить величину биения фрезы при использовании удлинительных оправок можно за счет регулировки положения цанги в оправке.

4. Регулировка положения фрезы до биения до 30 мкм позволяет обеспечить стойкость фрезы диаметром в 1 мм, при изготовлении радиусных канавок пресс-форм, позволяет обеспечить до 1-го метра суммарной длины канавок.

Библиографический список

1. Реченко Д. С., Тимошенко Н. В., Леонгард О. А. Повышение точности фрезерной обработки нежестким режущим инструментом // Автоматизированное проектирование в машиностроении: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2014. С. 74–75.

2. Виноградов Д. В. Высокопроизводительная обработка металлов резанием. М.: Полиграфия, 2003. 301 с. ISBN 5-69479-027-1.

3. Astakhov V. P. Tribology of Metal Cutting // Vol. 52. Tribology and Interface Engineering Series. London: Elsevier (U.K.), 2006. 417 p.

4. Попов А. В., Дугин А. В. Влияние СОЖ на силы резания с малыми толщинами среза // Вестник машиностроения. 2012. № 10. С. 66–68.

5. Васин С. А., Верещака А. С., Кушнер В. С. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 448 с.

6. Ражковский А. А., Кисель А. Г., Реченко Д. С., Федоров А. А. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на силы резания при токарной обработке титанового сплава BT3 // Омский научный вестник. 2013. № 1 (117). С. 101–104.

7. Плотников А. Л., Сергеев А. С., Уварова Т. В. [и др.]. Проблемы обеспечения точности расчета скорости резания и силы резания при проектировании технологического процесса токарной обработки сталей и пути их решения // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2016. № 8 (187). С. 41–46.

8. Cakir O., Yardimeden A., Ozben T. [et al.]. Selection of cutting fluids in machining processes // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2007. Vol. 25, no. 2. P. 99–102.

9. Smith G. T. Cutting Tool Technology. Industrial Handbook. London: Springer-Verlag (U.K.), 2008. 605 p. ISBN 978-1-84800-204-3. DOI: 10.1007/978-1-84800-205-0.

10. Виноградов М. В. Обеспечение точности обработки на прецизионных токарных модулях за счет применения приводов подачи с фрикционными передачами // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2004. Т. 2, № 1 (3). С. 51–61.

ДРОЗДОВ Игорь Николаевич, начальник механосборочного цеха ФНПЦ «Прогресс», г. Омск.

Адрес для переписки: seh2@progress-omsk.ru

ПОПОВ Андрей Юрьевич, доктор технических наук, профессор (Россия), заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» Омского государственного технического университета.

SPIN-код РИНЦ: 4871-2344

AuthorID (SCOPUS): 25228115700

Адрес для переписки: popov_a_u@list.ru

Для цитирования

Дроздов И. Н., Попов А. Ю. Повышение эффективности фрезерования мелкоразмерных канавок фасонной формы в труднодоступных местах пресс-форм для резинотехнических изделий // Омский научный вестник. 2020. № 2 (170). С. 15–18. DOI: 10.25206/1813-8225-2020-170-15-18.

Статья поступила в редакцию 27.02.2020 г.

© И. Н. Дроздов, А. Ю. Попов