

ленными на гидростатических опорах. Финишная обработка выполняется инструментами, оснащенными композиционными материалами. Все это позволяет выдержать высокие требования точности формы и размеров указанных поверхностей, задаваемые конструктором.

Станок для формирования овално-бочкообразного профиля, сконструированный в МГТУ «МАМИ» и обеспечивающий геометрическую точность в пределах  $\pm 0,003$  миллиметра, запатентован в восьми странах: США, ФРГ, Англии, Франции, Японии, Австрии, Швейцарии и Италии. Поперечный профиль поршня воспроизводится за счет кинематики станка и с помощью несложной переналадки станок позволяет воспроизвести целую гамму овалных профилей. Продольный (бочкообразный) профиль выполняется с помощью легко заменяемой копирной линейки, разрабатываемой для каждой конструкции поршня индивидуально.

Овално-бочкообразный профиль поршня можно воспроизводить и на станках с числовым программным управлением, но станок конструкции МАМИ можно быстрее переналаживать на обработку профиля с другими параметрами, чем станки с ЧПУ.

По единой технологии изготавливаются разнообразные поршни для бензиновых и дизельных двигателей автомобилей, мотоциклов, снегоходов, картингов, глассеров, легкомоторной авиации и другие. Продукция предприятия известна многим профессионалам, занимающимся форсированием и доводкой двигателей, спортивными автомобилями и мотоциклами.

### Литература

1. Изотермическая штамповка./ Калпин Ю.Г.: Автомобильная промышленность- 1989- №9- с.27-28.
2. Технология изготовления кованных порней/ Басюк Т.С., Поседко В.Н., Федоренко И.Н., Бузинов В.Г., Шибаев О.В.: Автомобильная промышленность. 2012. № 4. С. 29-31.
3. Технологические процессы машиностроительного производства/ Кузнецов В.А., Черепашин А.А., Колтунов И.И. М.: ФОРУМ, 2010. 528 с.

### **Перспективные физико-химические методы обработки стекла концентрированными потоками энергии**

Опальницкий А.И., Петров К.В.  
Университет машиностроения, Москва  
artik\_footbol@mail.ru, 8(929)5784994

*Аннотация.* В статье выполнен анализ современных физико-химических методов обработки стекла концентрированными потоками энергии. Более подробно рассмотрена гидроабразивная и ультразвуковая алмазная обработка. Показаны схемы гидроабразивной и алмазно-ультразвуковой обработки. Проведено сравнение гидроабразивной обработки с другими методами обработки стекла.

*Ключевые слова:* ультразвуковая размерная обработка (УЗРО), гидроабразивная обработка, обработка стекла

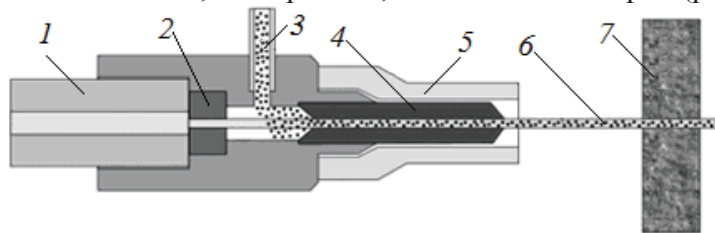
На сегодняшний день самыми современными и популярными технологиями обработки стекол являются гидроабразивная, лазерная, плазменная, ультразвуковая алмазная обработка. Они являются конкурирующими между собой технологиями, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки. В данной работе рассмотрим преимущества и недостатки метода гидроабразивной и ультразвуковой алмазной обработки [1]. Струя воды не оказывает прямого давления на поверхность стекла. Механическое воздействие осуществляется только на микроскопическом уровне. Поэтому, несмотря на то, что струя воды имеет большую кинетическую энергию, деформация материала отсутствует, и кромка получается ровной, не требующей дополнительной доработки. Современное стекольное производство требует не только высокой производительности и качества изделий, но и возможности обрабатывать очень сложные формы без ограничений по материалу и его толщине. Гидроабразивная резка позволяет выполнятьрезы любой формы, скошенные кромки, острые углы, маленькие внутренние радиусы, начать резку можно в любом месте, непосредственно врезаюсь в материал [2]. А

гидроабразивная резка позволяет вырезать профили любой сложности без дополнительной обработки поверхности и с высокой производительностью. Гидроабразивная резка — вид обработки материалов резанием, где в качестве режущего инструмента используется абразивный материал и вода выпускаемая с высокой скоростью и под высоким давлением.

К достоинствам гидроабразивной резки можно отнести: отсутствие термического воздействия на материал (температура в зоне реза 60...90°C); существенно меньшие потери материала; широкий спектр разрезаемых материалов и толщин (до 150...300 мм и более); отсутствие оплавления и пригорания материала на кромках обработанных деталей и в прилегающей зоне; экологическая чистота и полное отсутствие вредных газовыделений; достаточно высокое качество реза.

К недостаткам данной технологии относятся: ограниченный ресурс комплектующих деталей и режущей головки; высокая стоимость абразива (расходный материал).

Вода, нагнетаемая насосом до сверхвысокого давления порядка 1000...6000 атмосфер, подается в режущую головку. Вырываясь через узкое сопло (дюзу) обычно диаметром 0,08...0,5 мм с околосвуковой или сверхзвуковой скоростью (до 900...1200 м/с и выше), струя воды поступает в смесительную камеру, где начинает смешиваться с частицами абразива — гранатовым песком, зернами электрокорунда, карбида кремния или другого высокопрочного материала [3]. Смешанная струя выходит из смесительной (смешивающей) трубки с внутренним диаметром 0,5...1,5 мм и разрезает материал. В некоторых моделях режущих головок абразив подается в смесительную трубку. Для гашения остаточной энергии струи используется слой воды толщиной, как правило, 70–100 сантиметров (рисунок 1).



**Рисунок 1. Схема гидроабразивной резки: 1 – подвод воды под высоким давлением, 2 – сопло, 3 – подача абразива, 4 – смеситель, 5 – кожух, 6 – режущая струя, 7 – разрезаемый материал**

Сопла обычно изготавливают из сапфира, рубина или алмаза. Срок службы сапфировых и рубиновых сопел составляет до 100...200 часов, алмазных сопел – до 1000...2000 часов. Смесительные трубки изготавливают из сверхпрочных сплавов. Срок службы – как правило, до 150...200 часов.

Основными технологическими параметрами процесса гидроабразивной резки являются: скорость резки; вид, свойства и толщина разрезаемого изделия; внутренние диаметры водяного сопла и смесительной трубки; тип, размер, скорость потока и концентрация в режущей смеси абразивных частиц; давление.

Скорость резки существенно влияет на качество реза. При высокой скорости происходит отклонение (занос) водно-абразивной струи от прямолинейности, а также заметно проявляется ослабевание струи по мере разрезания материала. Как следствие, увеличиваются конусность реза и его шероховатость.

С уменьшением внутреннего диаметра смесительной трубки (при прочих равных условиях) возрастают производительность и точность резки, уменьшается ширина реза (она примерно на 10% больше внутреннего диаметра трубки). При этом снижается и срок службы трубки. В процессе эксплуатации смесительной трубки ее внутренний диаметр увеличивается примерно на 0,01...0,02 мм за каждые восемь часов работы.

Максимальное рабочее давление обычно составляет 3000...3200, 3800, 4150 или 6000 бар. Чем выше давление, тем выше скорость и эффективность резки. В то же время требуется более частая замена прокладок в насосе [4].

С помощью водно-абразивной или водной струи можно разрезать практически любые материалы. При этом не возникают ни механические деформации заготовки (так как сила

воздействия струи составляет лишь 1...100 Н), ни ее термические деформации, поскольку температура в зоне реза составляет около 60...90°C.

Контурный раскрой стекла является достаточно сложной задачей из-за высокой хрупкости данного материала.

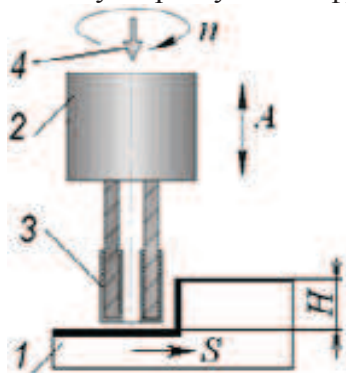
Гидроабразивная резка стекла позволяет с высокой точностью, безопасно обрабатывать стекло даже достаточно большой толщины. В качестве абразива для резки стекла применяется кварцевый песок  $\text{SiO}_2$ . Размер абразивных частиц подбирается равным 10...30% диаметра режущей струи для обеспечения ее эффективного воздействия и стабильного истечения. Обычно размер зерен составляет 0,15...0,25 мм (150...250 мкм), а в ряде случаев – порядка 0,075...0,1 мм, если необходимо получение поверхности реза с низкой шероховатостью. Считается, что оптимальный размер абразива должен быть меньше величины  $(d_{с.т.} - d_{в.с.})/2$ ; где:  $d_{с.т.}$  – внутренний диаметр смесительной трубки,  $d_{в.с.}$  – внутренний диаметр водяного сопла. Для крупносерийного и заготовительного производства гидроабразивная обработка будет являться наилучшим решением.

Еще одним перспективным способом обработки хрупких и композиционных материалов (таких как керамика, кварц, стекло, ситаллы и др.) является ультразвуковая размерная обработка (УЗРО).

При УЗРО отсутствуют дефекты термического происхождения, аналогичные тем, что возникают при шлифовании, а также при обработке хрупких материалов в поверхностном слое могут возникать микротрещины.

В последние годы расширяется применение ультразвуковой обработки инструментом, покрытым слоем природных или синтетических алмазов на металлической связке.

Процесс размерной обработки выполняется с подачей СОТС в зону обработки. При необходимости инструменту или заготовке задают вращение или поступательное перемещение. Обработку вращающимся инструментом с его перемещением вдоль плоскости, перпендикулярной оси инструмента, называют ультразвуковым фрезерованием (рисунок 2).



**Рисунок 2. Схема ультразвукового алмазного фрезерования: 1 – заготовка; 2 – инструмент; 3 – часть инструмента с закрепленными абразивными зёрнами; 4 – подача СОТС**

Величина износа инструмента зависит от свойств материалов заготовки и инструмента [5]. С увеличением твердости и вязкости обрабатываемого материала износ инструмента увеличивается. В данной схеме используется трубчатый инструмент с алмазным напылением, что позволяет уменьшить площадь обработки и прокачивать жидкость через отверстие в инструменте. Также возможно использование цельного инструмента с прессованным алмазом, что может обеспечить достаточную жесткость инструменту при обработке сверхтвердых материалов.

Обычно для изготовления инструмента применяют нержавеющие и низкоуглеродистые стали, реже алюминиевые и медные сплавы.

Комбинированное действие вращающегося инструмента и наложенных нормальных ультразвуковых колебаний в совокупности с водяным охлаждением обеспечивает самоочистку инструмента, снижает его засаливание продуктами разрушения. Обработка ведется при значительно меньших контактных нагрузках, чем обычная алмазная обработка. Ультра-

звуковые колебания снижают трение между инструментом и деталью, что увеличивает стойкость алмазного инструмента по сравнению с безультразвуковым алмазным фрезерованием.

Основными параметрами УЗРО являются производительность, качество обрабатываемой поверхности и точность обработки. При проектировании станков для размерной обработки целесообразно стремиться к получению наибольшей амплитуды механических колебаний, что предъявляет особые требования к ультразвуковым генераторам (УЗГ), прочностным характеристикам инструмента и преобразователя. Это связано с тем, что при УЗРО колебательная система (КС) работает в непрерывном режиме, близком к режиму холостого хода, и большая часть подводимой к ней мощности является мощностью потерь на ее элементах.

УЗРО стекла позволяет с высокой точностью получать достаточно сложные поверхности. Шероховатость получаемых при фрезеровании поверхностей  $Ra=0,3 \dots 0,6$  мкм. Это дает возможность применять данный вид обработки при создании деталей для навигационных приборов, где требуется прецизионная точность. Еще одним преимуществом по сравнению с высокоскоростной гидроабразивной резкой является прошивка глухих отверстий и фрезерование пазов. Низкая стоимость ультразвукового оборудования от 100 до 300 тысяч рублей дает возможность применять данную обработку для серийного производства большой номенклатуры деталей.

Наглядное сравнение параметров гидроабразивной резки с другими видами резки стекла приведено в таблице 1.

Таблица 1

### Сравнение гидроабразивной резки с алмазно-ультразвуковой, плазменной и лазерной резкой

Наименование	Характеристика гидроабразивной резки по отношению к		
	алмазно-ультразвуковой	плазменной	лазерной
Типичная ширина реза (мм)	меньше	меньше	больше
Качество	ниже	сильно превосходит	превосходит
Зона термического влияния	сопоставимая	гораздо меньше	меньше
Производительность резки стекла	выше	существенно уступает	существенно уступает
Стоимость оборудования	гораздо выше	выше	сопоставимая
Стоимость обслуживания	гораздо выше	сопоставимая	сопоставимая

### Выводы

Для обработки стекла наиболее перспективными являются гидроабразивная и алмазно-ультразвуковая обработка. Низкая температура в зоне резания уменьшает образование возможных трещин в результате перегрева поверхности. Высокая стоимость и обслуживание гидроабразивного оборудования компенсируется большой скоростью обработки и высоким качеством получаемых поверхностей. Ультразвуковое оборудование является более дешевым, обслуживание сводится к замене инструмента, при этом качество и точность обработки не становится хуже. Таким образом для крупносерийного и массового производства больше подходит гидроабразивная обработка, для мелкосерийного целесообразнее приобрести ультразвуковой станок для размерной обработки.

### Литература

1. Научно-технические технологии машиностроительного производства: Физико-химические методы и технологии: учебное пособие / Ю.А. Моргунов, Д.В. Панов, Б.П. Саушкин, С.Б. Саушкин; под ред. Б.П.Саушкина. – М.: Издательство «Форум», 2013, – 928 с
2. Физико-химические методы обработки в производстве газотурбинных двигателей / Ю.С. Елисеев, Б.П. Саушкин; под ред. Б.П. Саушкина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010, – 456 с.



3. Новые технологии автомобилестроения/ Шандров Б.В., Варганов М.В: Наука производству, № 4. 2005, – 15 с.
4. Современное состояние и перспективы применения в отрасли ультразвуковой размерной обработки изделий./ Моргунов Ю.А., Опальницкий А.И., Перепечкин А.А.: Журнал «Известия МГТУ «МАМИ», 2012, №2, - с.140..144.
5. Перспективы развития и применения физико-химических методов и технологий в производстве двигателей/ Саушкин Б.П., Шандров Б.В., Моргунов Ю.А.: «Известия МГТУ «МАМИ», 2012, №2, с. 242...248.

### **Износ многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин при точении экспериментальной стали 75ХГСФ**

Волков Р.Б.

ОАО «ОК ЛОЗА», п. Лоза, Моск. обл  
[volkovroman@gmail.com](mailto:volkovroman@gmail.com)

*Аннотация.* Рассмотрен характер износа многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин (МНТП) при точении экспериментальной высокоуглеродистой легированной стали 75ХГСФ. Даны рекомендации по выбору формы пластин, углов режущей части и виду износостойких покрытий задних и передней поверхностей.

*Ключевые слова:* сталь, характер износа, передняя поверхность, задняя поверхность

Внедрение новых материалов для изготовления изделий вызывает необходимость оценки обрабатываемости. Различают обрабатываемость материала различными методами: лезвийной обработкой (с разделением на обрабатываемость точением, сверлением, фрезерованием ...); абразивной обработкой (шлифуемость); методами физико-химической обработки и др.

Обрабатываемость материала резанием можно оценить одним или несколькими показателями: качество обработанной поверхности; стойкость режущего инструмента; сила резания или потребляемая мощность резания; допустимые режимы обработки; ограничения на номенклатуру инструментальных материалов; тип стружки и условия ее отвода...

В зависимости от вида резания и условий обработки те или иные технологические показатели становятся определяющими. Например, при черновой обработке основным показателем является производительность, составляющие силы и потребляемая мощность резания; условия транспортировки стружки из зоны резания. При чистовой и получистовой обработке – в понятие качество обработанной поверхности входят: глубина наклепанного слоя; степень наклепа; величина и знак остаточных напряжений в этом слое.

В технологической лаборатории Университета машиностроения и в производственных условиях ОАО «ОКБ ЛОЗА» проведены исследования обрабатываемости лезвийным инструментом новой подшипниковой стали 75ХГСФ.

Малое количество исследуемого материала ограничило область исследования, только чистовой и получистовой токарной обработкой (продольное точение) и одним типом МНТ пластин. Для экспериментов выбраны наиболее распространенные в отечественном машиностроении пластины из металлокерамического сплава системы *CoroTurn 107* фирмы *Sandvik Coromant*, Швеция.

С учетом диаметров образцов и характеристик токарного станка, для исследований выбраны следующие технологические режимы обработки (таблица 1).

Определение характера и предельного износа режущей части инструмента проводилось с помощью классического однофакторного эксперимента на предельных режимах.

Через каждые 0,35м осуществлялось цифровое фотографирование передней и задних поверхностей режущей пластины с одновременным замером шероховатости обработанной поверхности на профилографе - профилометре Калибр 201. Цифровая фотография поверхно-