

**НОВЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ**

Материалы международной  
научно-технической конференции  
26-29 сентября 2018 года

(к 100-летию Одесского национального  
политехнического университета)  
Одесса – 2018

**ОПЫТ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ  
ДОВОДКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ  
ПАСТАМИ И СУСПЕНЗИЯМИ**

*Дитиненко С. А.*

*Харьковский национальный экономический университет  
имени Семена Кузнеця, г. Харьков, Украина*

Особую роль в технологическом процессе изготовления деталей играют чистовые и отделочные методы обработки. Наиболее распространенным из них является алмазно-абразивная доводка, которая позволяет заменить шлифование, получить 12–14 классы чистоты поверхности и отклонения от требуемой геометрической формы обработанных (плоских, цилиндрических и сферических) поверхностей в пределах 0,1–0,3 мм. Технологическое преимущество механических доводок заключается в том, что за одну операцию можно осуществить сначала черновой, а затем окончательный чистовой переход. Эксплуатационные качества обработки поверхности после доводки могут быть выше, чем после точного шлифования, суперфиниша, хонингования. В отечественной и зарубежной промышленности на доводочных станках обрабатываются: плоские поверхности поршневых колец, поворотных заслонок, кулисных камней, зубчатых

секторов и шестерен, мембран, шатунов; плоские и цилиндрические поверхности деталей гидро- и топливной аппаратуры агрегатов, стыковые поверхности корпусных деталей, салазок ползунов и суппортов станков, торцовые поверхности подшипников, быстросменные твердосплавные пластины резцов, фрез, калибры, плоскопараллельные меры длины, торцевые поверхности наборных фрез и т.д. В приборостроении широко применяются доводочные и полировальные станки для обработки деталей из труднообрабатываемых материалов, например, керамик марок ЦМ332 и 22ХС стеатита, твердых сплавов, рубина, кварца, кремния, арсенида галлия, ферритов, ситаллов и т.д.

В зависимости от способа подачи абразива в зону обработки различают следующие методы доводки: с непрерывной подачей абразивной смеси (суспензии) на рабочие поверхности притирок; с намазкой – нанесением абразивной алмазной смеси – пасты на притиры; притирами или пли-

тами, предварительно шаржированными зернами паст. По точности и шероховатости обработанной поверхности доводочные операции делятся на: грубые – припуск на сторону 0,02–0,05 мм (чистота 9–10 классы (геометрия 3,5 мкм)); чистовые – припуск 0,005–0,01 мм (геометрия 1–2 мкм), чистота 10–11 классы; тонкие – припуск 0,0003–0,001 мм (точность 0,1–0,5 мкм), чистота 12–14 классы.

Доводка стальных деталей осуществляется шлифованием и микропорошками из электрокорунда Э (нормальный, белый, титанистый, хромистый), монокорунда МОНО, карбида кремния ВЗ, алмазными микропорошками АСМ, АСН, АМ и микропорошками эльбора ЛМ; доводка твердосплавных деталей – карбидами кремния КЗ, бора В4С, алмазными микропорошками. Окончательную доводку деталей из стали и мягких материалов (медь, алюминий и сплавы) рекомендуется выполнять абразивными материалами пониженной твердости (окись хрома, окись алюминия, крокус и глинозем, прокаленный при температуре 120–130 °С). Применение этих абразивов позволяет устранить на шаржирование их в материал детали.

Абразивная доводка – процесс массового динамического воздействия абразивных зерен на обрабатываемый материал, происходящий при активном участии среды, в которой происходит снятие тончайших стружек. Доводка основана на механических процессах, связанных с выкалыванием и отрыванием частиц обрабатываемого материала, образованием стружки, пластическим и другим деформированием и преддеформированием обрабатываемой поверхности. Химические и физико-химические процессы связаны с образованием окислительных пленок. При введении в состав суспензии поверхностно активных веществ на обрабатываемой поверхности адсорбируются полярные молекулы, проникающие вглубь обрабатываемого материала по микротрещинам, возникающим в процессе деформации поверхностного слоя. В результате адсорбционных процессов уменьшается твердость твердого тела.

Абразивные зерна на поверхности деталей из стали и чугуна воздействуют следующим образом: при переменном движении детали и притира относительно друг друга абразивные зерна то врезаются в материал притира и детали, то выходят из него, принимая каждый раз новое положение. При этом они изнашиваются со всех сторон. Как только действующее усилие на отдельные зерна превысит их прочность, затупившиеся зерна разламываются, образуя несколько мелких зерен,

которые имеют острые режущие кромки. Таким образом, в процессе работы восстанавливается абразивная способность суспензии, хотя давление на режущие кромки зерен уменьшается и они оставляют следы на обрабатываемой поверхности меньшей глубины. Особенность процесса доводки деталей шаржированными притирами по сравнению с доводкой свободными зернами паст и суспензией следующая. Закрепленные в поверхности притира зерна внедряются в поверхность детали на меньшую глубину, чем зерна той же зернистости, находящиеся в свободном состоянии в слое пасты или суспензии. Поэтому результаты доводки стабильнее.

При плоской односторонней и двухсторонней доводке суспензиями объем снятого материала прямо пропорционален пути доводки и увеличивается с ростом зернистости абразива, давления  $P$  и скорости  $V$ . Количество абразивной суспензии должно быть достаточным для создания на всей поверхности притира равномерного слоя. При разрыве слоя суспензии произойдет непосредственное соприкосновение поверхностей обрабатываемой детали и притира. Вязкость жидкости оказывает незначительное влияние на абразивные свойства суспензии. Рабочая жидкость – веретенное масло, керосин и эмульсии (75 % веретенного масла, 8 % канифоля, 10 % леиновой кислоты, 4,5 % спирта, 4,5 % каустической соды). Хорошо зарекомендовало себя веретенное масло. Суспензии обычно применяются для окончательной доводки. Абразивная способность алмазных суспензий при доводке сталей Х12Ф1 в 2,5–7,5 раза выше, чем абразивных суспензий (при тех же условиях обработки). Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), применяемые при алмазно-абразивной обработке, способствуют формированию поверхностного слоя детали и его модифицированию пленками различного назначения, например, антикоррозийными, гидрофобными и т.д. Диспергирующее действие СОЖ позволяет эффективно снижать поверхностную энергию в зоне разрушения. За счет отвода тепла из зоны обработки снижается контактная температура. СОЖ классифицируют по химической структуре и разделяют на углеводородные составы, эмульсионные и водные жидкости. Водные СОЖ разделяются на электролиты, водные растворы поверхностных веществ (ПАВ) и суспензии. Часто используют комбинированные составы, содержащие одновременно растворы солей.

В зарубежной литературе СОЖ класса ПАВ известны как химические или синтетические

жидкости. Эмульсиями называются дисперсные системы, состоящие из двух жидкостей, взаимно нерастворимых или малорастворимых. Жидкость, являющаяся дисперсной фазой, распределена в форме мельчайших капелек. При обработке материалов резанием применяют эмульсии «масло в воде». Концентрат, разбавляемый водой, называют эмульсиями. Современные эмульсии являются сложными коллоидными системами, включающими эмульгаторы, активные присадки, ингибиторы коррозии, бактерицидные добавки и другие компоненты. К углеводородным СОЖ относятся минеральные и растительные масла. Иногда используют компаундированные системы – смеси минеральных и растительных масел. Однако, последние дороги и дефицитны. Значительно чаще используют минеральные масла, легированные присадками. Последние по характеру действия можно разделить на: антифрикционные, противозносные и противозадирные. Масла с присадками обычно гораздо эффективнее чистых минеральных масел. К углеводородным СОЖ относятся также органические растворители, например, четыреххлористый углерод, керосин.

Для подавления коррозионной агрессивности СОЖ используются ингибиторы и пассиваторы коррозии. Ингибиторы – вещества, замедляющие электрохимические процессы между внешней средой и металлом. Действие пассиваторов металла заключается в образовании на его поверхности защитной пленки, предохраняющей металл от дальнейшего развития коррозионных процессов. В качестве антикоррозионных присадок к водным растворам рекомендуется использовать соли щелочных металлов, буру, первичный и третичный фосфат, нитрит натрия, этаноламины, их соли с жирными кислотами. Для придания антикоррозионных свойств эмульсиям ингибиторам коррозии можно вводить как в водную, так и в масляную фазы. В водную составляющую эмульсий вводят: нитриты натрия, калия и лития, соду, триэтаноламин, олеиновую кислоту, а в масляную: соединения бората глицерина с щелочами КОН, NaOH, LiOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, амином или спиртоамином. Наибольшее применение в производственных условиях находят: ингибитор коррозии – триэтаноламин и пассиватор – нитрит натрия.

СОЖ легко загнивает (особенно эмульсия). Радикальным средством повышения бактерицидности СОЖ является использование всевозможных бактерицидных присадок: финил-фенолета натрия и других продуктов фенольного типа, нитробутанола, четвертных аммониевых солей,

метилового ацетата ртути, мертиолята, растворимого в СОЖ 1:105, 1:106. Чаще используют порошок гексахлорфена (130 г гексахлорфена и 50 г каустической соды в 1 литре воды) – идет 1,2 г на 1 л эмульсии. К пенообразованию особенно склонны эмульсии и легкие минеральные масла. Антивсмениваемость водных композиций обеспечивают добавкой 5 % смеси кальциевых солей слабых кислот и триэтаноламинфосфата. Для эмульсий рекомендуется препарат, представляющий смесь минерального масла, полиэтилена и микрокристаллического парафина –3–5 %. Для масляных СОЖ – присадка: 6–12 % соли кароксильной кислоты, 2–4 % соли сульфокислоты, 0,05–1 % окисленного микровоска, 70–90 % лигнерального масла. Для скоростного и обычного шлифования применяют СОЖ: МР-4 (углеводородная); МР-1 (масляная); Укринол-12 (эмульсия); Укринол-2. Для хонингования и суперфиниширования применяют СОЖ: 7–10 % эмульсия НСК-5; ВН-4; ОСМ-1.

Взамен импортного Хонило-1 следует использовать ОСМ-1 на станки «Тиленхауз» для доводки сфер штоков. СОЖ Укринол-1-12 и Аквол-2 в различных процентных соотношениях равнозначны составу «Чимпериал 20», разработанному фирмой Цинциннати (США) по максимальной величине бесприжоговой подачи, удельной производительности шлифования, шероховатости и удельной мощности. Необходим эффективный способ подвода СОЖ, т.е. истечение скорости жидкости из сопла или использование энергии воздушных потоков, окружающих шлифовальный круг. Рекомендуемая СОЖ для хонингования: Тринатрий фосфат 250 г; Тиамогевина 100 г; Триэтаноламин 380 г; Глицерин 200 г; Нитрид натрия 300 г на 100 л.

Получила применение СОЖ, содержащая: 54 % ПЭО (полиэтилен гликоль), 2 % моноэтаноламина, 0,2 % нитрит натрия, 0,05 % ТМС-31.

Повышение эффективности действия СОЖ при обработке материалов резанием предполагает изменение условий контактирования СОЖ с режущим инструментом и обрабатываемой деталью путем: динамической активации повышения скорости движения СОЖ относительно объекта процесса резания; рациональной траектории движения СОЖ; оптимизации количества (раствора) СОЖ. Также важны изменения физико-химических свойств СОЖ за счет традиционного средства – легирования СОЖ присадками, содержащими химически и поверхностно-активное вещество.

Обычно стремятся повысить физическую и химическую активность СОЖ по отношению к обрабатываемой детали и режущему инструменту, чтобы создать на их контактирующих поверхностях более прочные и термостойкие химические и физические пленки. Для всех видов обработки металлов резанием можно создать типаж унифицированных СОЖ, включающих всего 12

составов. В это число входят: одна эмульсия и одна синтетическая жидкость, предназначенные специально для шлифования различных материалов, и легкое масло с присадками для хонингования. Две масляные жидкости с различным количеством присадок для лезвийной и абразивной обработки труднообрабатываемых материалов. Одна – для обработки титановых сплавов.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПАКТНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ DNM 4000**

*Жовтобрюх В.А.*

*ООО «Технический Центр “ВариУс”», г. Днепр, Украина*

Компания DOOSAN (Южная Корея) дополнила линейку своих вертикальных обрабатывающих центров весьма компактной, но в то же время мощной моделью DNM 4000, которая была спроектирована с учетом ограниченного пространства рабочих зон, при которых станки находятся буквально в нескольких сантиметрах друг от друга. При этом требования к техническим характеристикам и производительности оборудования остаются по-прежнему высокими. Новый обрабатывающий центр отличается действительно компактными габаритами: всего 1,65 м в ширину, 2,85 м в глубину и 2,75 м в высоту. Вместе с тем, реализовано достаточное перемещение осей. Экологически чистая система подачи СОЖ имеет выход в задней части станка, что значительно экономит пространство.

Станок оснащен множеством стандартных полезных функций. Его достаточно просто установить на ролики и, при необходимости, перемещать с места на место. Такая комбинация размеров и маневренности идеально подходит для отраслей промышленности, выпускающих большие партии мелких деталей, например, аэрокосмическая и автомобильная промышленность, производство огнестрельного оружия или медицинского оборудования и другие отрасли.

### **Небольшой, но высокопроизводительный**

Компактная модель ВОЦ DNM 4000 была специально разработана с минимальными габаритами и максимальной жесткостью конструкции.

Стандартный конус шпинделя под оправку #40 позволяет обрабатывать твердые материалы. Аналогичные по габаритам станки конкурентов с 30-м конусом шпинделя и сверлильные станки с аналогичной площадью не смогут обеспечить такую же производительность обработки. Стандартный конус шпинделя под оправку #40 позволяет обрабатывать твердые материалы. А как насчет скорости? Следует отметить, что данный станок обладает той надежностью и точностью, которую можно ожидать от серии вертикальных обрабатывающих центров DNM. И при этом можно получить превосходящую все ожидания производительность благодаря быстрому ускоренному перемещению и улучшенному ускорению по осям. А учитывая характеристику шпинделя с 12000 об./мин, получается резкое сокращение как цикла обработки в целом, так и времени простоя оборудования.

И давайте не забывать о выносливости! Повышенную жесткость модели обеспечивает специально спроектированная конструкция с крупными шариковинтовыми парами и линейными направляющими качения (роликового типа).

### **Многофункциональность**

Модель DNM 4000 является серьезным соперником конкурентам даже в базовой комплектации. Станок оснащен множеством стандартных функций, которые будут полезны в вашей работе.