

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗМЕРНО-ЧИСТОВОЙ И УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

*Физико-технический институт НАН Беларуси, Белорусский национальный
технический университет, Республиканское унитарное предприятие «МАЗ»,
Белорусский государственный аграрный технический университет
Минск, Беларусь*

Технический прогресс в машиностроении в значительной степени определяется совершенствованием технологии производства машин. Особое значение имеет дальнейшее развитие технологии механической обработки: на долю этого процесса приходится свыше 40 % общей трудоемкости изготовления машин; 80 % деталей подвергаются механической обработке. По мере совершенствования машин объем механической обработки будет увеличиваться – таков прогноз Международной организации технологов-машиностроителей и специалистов СНГ. При этом основное внимание будет уделено финишной механической обработке, а также комбинированным физико-механическим и физико-химическим методам для окончательного формирования рабочих поверхностей деталей [1].

Указанные тенденции совершенствования технологии машиностроения присущи и производству автомобилей семейства МАЗ. Известно [2], что достижение высоких эксплуатационных свойств деталей машин определяется совокупностью характеристик шероховатости и волнистости, физико-механических, химических свойств и микроструктуры поверхностного слоя, образованного под воздействием силового, теплового и химического факторов в процессе обработки. Особенно это относится к финишным операциям, которые формируют физико-механические свойства поверхностного слоя деталей и точностные характеристики, оказывающие решающее влияние на эксплуатационные показатели. В этой связи все большее применение на РУП «МАЗ» получает размерно-чистовая и упрочняющая обработка без снятия стружки, посредством поверхностного пластического деформирования (ППД).

Преимущество ППД перед традиционными методами финишных операций, осуществляемыми, как правило, абразивными инструментами, заключается в его высокой производительности при достижении шероховатости поверхности до $Ra = 0,025$ мкм и точности обработки до 6-го качества. При этом обработка ППД сопровождается упрочнением поверхностного слоя деталей, что значительно повышает их эксплуатационные свойства: усталостную прочность, контактную выносливость, коррозионную стойкость, износостойкость.

За последнее время на РУП «МАЗ» многие виды отделочной обработки, такие как хонингование, суперфиниширование, доводка, успешно заменены ППД.

Основными технологическими параметрами режимов обработки ППД являются сила прижима, подача и окружная скорость. При раскатывании и обкатывании жесткими инструментами сила прижима регулируется величиной натяга 0,01...0,10 мм в зависимости от твердости обрабатываемого материала, а также от жесткости детали, исходной и достигаемой шероховатости, заданной точности обработки. Величина натяга для конкретных условий обработки обычно устанавливается экспериментально. При обработке упругими инструментами сила прижима создается силовым элементом инструмента.

В зависимости от назначения обработки ППД (отделочная, упрочняющая или отделочно-упрочняющая) режим ее будет различным. Особенно это относится к усилию деформирования, так как путем изменения его величины можно в значительной степени управлять процессом накатывания, обеспечивая заданные свойства поверхностного слоя.

Для определения усилия накатывания роликом с цилиндрическим пояском при отделочной обработке применяются формулы:

для наружных цилиндрических поверхностей

$$P = \frac{Dbq^2}{0,126E(D/d - 1)},$$

для внутренних цилиндрических поверхностей

$$P = \frac{Dbq^2}{0,18E(D/d - 1)},$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности; b – ширина цилиндрического пояса ролика; q – наибольшее давление; E – модуль упругости обрабатываемого материала; d – диаметр деформирующего ролика.

Для расчета усилия деформирования P и подачи шарика S при обработке ППД наружных цилиндрических поверхностей используются выражения

$$P = \left(\frac{dq}{0,45E} \right)^2 q,$$

где d – диаметр шарика;

$$S = 2\sqrt{2R \cdot Ra},$$

где R – радиус шарика; Ra – заданная шероховатость поверхности.

Окружная скорость раскатывания и обкатывания V (скорость перемещения пятна контакта ролика по обрабатываемой поверхности) практически не оказывает влияния на качество поверхности.

Значение окружной скорости ограничивается возможностью перегрева детали и инструмента, что приводит к снижению точности обработки и стойкости инструмента. Применяемая на РУП «МАЗ» окружная скорость обработки V представлена в табл. 1.

Таблица 1
Окружная скорость обработки

| Диаметр ролика инструмента d_p , мм | Значение V , м/мин, при раскатывании и обкатывании | | Диаметр ролика инструмента d_p , мм | Значение V , м/мин, при раскатывании и обкатывании | |
|---------------------------------------|--|---------------|---------------------------------------|--|---------------|
| | с принудительной осевой подачей | с самоподачей | | с принудительной осевой подачей | с самоподачей |
| 2 | 2...3 | 4...6 | 6 | 12...20 | 25...40 |
| 2,5 | 3...5 | 6...10 | 8 | 18...25 | 35...50 |
| 3 | 4...6 | 8...12 | 10 | 20...35 | 50...70 |
| 3,5 | 5...8 | 10...15 | 12 | 25...40 | 60...80 |
| 4 | 6...10 | 12...20 | 14 | 30...50 | - |
| 5 | 8...14 | 15...25 | 16 | 40...60 | - |

Примечание. Меньшие значения скорости принимать при обработке маложестких и несбалансированных деталей, при обработке без охлаждения.

Применяемая подача на ролик S принимается согласно данным табл. 2.

Таблица 2
Подача на ролик

| Углом, град | Значение S , мм/рол, для получения после поверхностного пластического деформирования шероховатости R_a , мкм | | | | | |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| | 0,05...0,08 | 0,10...0,16 | 0,20...0,32 | 0,40...0,63 | 0,80...1,25 | 1,6...2,5 |
| 0°10' | 0,09...0,15 | 0,15...0,3 | 0,3...0,6 | 0,6...1,0 | 1,0...1,6 | 1,2...1,6 |
| 0°20' | 0,06...0,1 | 0,1...0,2 | 0,2...0,3 | 0,3...0,6 | 0,6...1,2 | 0,8...1,4 |
| 0°30' | 0,05...0,08 | 0,08...0,15 | 0,15...0,25 | 0,25...0,45 | 0,45...0,8 | 0,6...1,0 |
| 0°40' | 0,04...0,07 | 0,07...0,11 | 0,11...0,20 | 0,20...0,35 | 0,35...0,60 | 0,5...0,8 |
| 0°50' | 0,04...0,06 | 0,06...0,10 | 0,10...0,15 | 0,15...0,30 | 0,3...0,5 | 0,4...0,6 |
| 1° | 0,04...0,06 | 0,06...0,09 | 0,09...0,15 | 0,15...0,25 | 0,25...0,45 | 0,3...0,5 |

Примечания: 1. Меньшие значения подач S принимать для получения меньшей шероховатости, а также при обработке маложестких и тонкостенных деталей.
2. Исходная шероховатость поверхности и метод предварительной обработки влияют на величину подачи. При больших значениях исходной шероховатости назначать меньшие подачи.

Используемые смазочно-охлаждающие технологические средства: масляные СОЖ, индустриальные масла.

В настоящее время на РУП «МАЗ» разработано, создано и внедрено в производство более 1900 инструментов для ППД. Они внедрены на 5670 операциях, охватывающих почти все основное механосборочное производство:

- раскатывание цилиндрических и конических отверстий;
- обкатывание наружных поверхностей;

- накатывание торцовых поверхностей и кольцевых канавок;
- обработка внутренних и наружных фасок;
- комбинированная обработка внутренних поверхностей и торцов;
- накатывание и обкатывание шаровых и радиусных поверхностей.

В последнее время используются наиболее эффективные для размерно-чистой и упрочняющей обработки деталей автомобилей МАЗ комбинированные инструменты, которые позволяют одновременно обрабатывать несколько поверхностей. Конструкция одного из внедренных (а.с. 1722795) представлена на рис. 1.

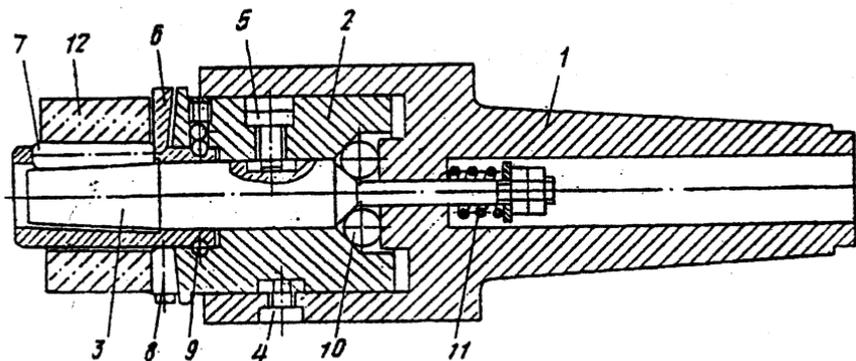


Рис. 1. Комбинированный раскатник

В процессе обработки деталь 12 устанавливается соосно оси раскатника. Раскатнику или обрабатываемой детали придают вращение. После полного ввода раскатника в отверстие детали 12 деформирующие ролики 8 упираются в ее торец. При дальнейшем перемещении влево корпуса 1 он своим торцом перемещает шары 10 по внутреннему конусу опорной втулки 2 к центру. При этом шары, воздействуя через наружный конус на оправку 3, сжимают пружину 11 и перемещают влево оправку, которая своей конической частью разводит деформирующие ролики 7 до упора с цилиндрическим отверстием обрабатываемой детали. Происходит силовое замыкание деформирующих роликов и одновременное раскатывание цилиндрической и торцовой поверхности обрабатываемой детали. Это позволяет перераспределить усилия, прилагаемые к роликам, а также производить одновременную обработку цилиндрической и торцовой поверхности детали.

Комбинированный раскатник обеспечивает высокую производительность, повышение качества обработки и расширение технологических возможностей. Применяется он для обработки балки переднего моста (5336-3001010), ступиц колес (5421-3104010, 5434-3103015) и других деталей.

Широкое применение на РУП «МАЗ» получила технология радиальной штамповки шлицев на валах, которая внедрена при изготовлении деталей 5336-610444 – валик; 03.93.00.0004 - ось; 5336-3444016 – вал и др. Для штамповки шлицев с отношением $l/d = 1$, где l – длина шлица; d – наружный диаметр шлицевого вала, передняя рабочая кромка пуансона выполнена бочкообразной. Радиус бочки выбран из условия, чтобы стрела прогиба f составляла $(0,1 \dots 0,25)h$, где h – высота рабочего профиля пуансона. Для штамповки шлицев, имеющих отношение $l/d > 1$, профиль передней рабочей кромки каждого пуансона выполнен изменяющимся по синусоидальной зависимости. Устройство снабжено двумя буферами, размещенными с возможностью взаимодействия с пуансонами при их разведении после осуществления деформирования заготовки. Улучшение условий работы устройства обеспечивается установкой узла пуансонов в герметичном корпусе, заполненном маслом. Это снижает их износ и улучшает условия течения формируемого материала.

Устройство применяется для формирования треугольных и эвольвентных шлицев.

Кроме радиальной штамповки шлицев широкое применение на РУП «МАЗ» нашла технология продольной накатки прямобочных шлицев. Реализуется она с помощью специального устройства для накатывания шлицев на валах (а.с. 1459796), которое обеспечивает повышение точности при накатывании шлицев и расширение технологических возможностей. Устройство имеет корпус, в отверстии которого размещены сегменты, дисковые профильные ролики с осями, два диска с торцовыми пазами, установочное кольцо и крышку. Сегменты выполнены клиновидными с продольными пазами, плоские базовые поверхности которых расположены под углом относительно оси. На осях опорные поверхности выполнены плоскими и расположены параллельно их образующим. Оси помещены между дисками и установлены на поверхности сегментов, а ролики частично с зазором входят в пазы сегментов и пазы дисков и могут перемещаться в обе стороны вдоль своих осей. Диски, оси и кольцо закреплены винтами, установленными в крышке. На роликах симметрично их рабочему профилю выполнены два ориентирующих конуса. В рабочем положении, когда оси роликов расположены от центральной оси на заданном расстоянии, конусы каждого ролика сопряжены без зазоров и взаимодействуют с такими же конусами двух соседних роликов. Предлагаемое устройство позволяет создавать предварительные напряжения в контуре роликов и обеспечивает беззазорное зацепление. Кроме того, оно обеспечивает как формообразование шлицев, так и обработку при их предварительном нарезании.

Для размерно-чистой и упрочняющей обработки различных деталей автомобилей нашли широкое применение многороликовые жесткие планетарные раскатники для обработки сквозных и глухих отверстий. Для обработки наружных фасонных поверхностей деталей автомобилей МАЗ внедрены комбинированные накатники.

Применение технологии размерно-чистой и упрочняющей обработки на РУП «МАЗ» позволяет резко повысить производительность, обеспечить высокое качество

деталей, что снижает себестоимость изготовления автомобилей семейства МАЗ, делая их конкурентоспособными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машиностроение: Энциклопедия. Технология изготовления деталей машин. Т.Ш-3 / Дальский А.М., Суслов А.Г., Назаров Ю.Ф. и др.; Под общ.ред. Суслова А.Г. – М.: Машиностроение, 2002. – 840 с. 2. Качество машин: Справочник. В 2-х т. Т. 2 / Сулов А.Г., Гуляев Ю.В., Дальский А.М. и др.; Под ред. Суслова А.Г. – М.: Машиностроение, 1995. – 430 с.

УДК 621.9.047

А.В. Шевченко

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Электрохимическая обработка (ЭХО) металлов и сплавов основана на анодном растворении материала при высоких плотностях тока, при малом межэлектродном зазоре и высокой скорости протока электролита. В зоне обработки температура не должна превышать 50-60°C. Механизм съема материала при электрохимической обработке основан на процессе электролиза. Съем металла происходит по закону Фарадея, согласно которому количество снятого металла пропорционально силе тока и времени обработки.

Бывает несколько технологических схем ЭХО сложнопрофильных изделий.

Копировально-прошивочная технологическая схема обработки на импульсном токе с вибрацией электрод-инструментом (ЭИ)

Сущность данной технологической схемы состоит в следующем: электрод-инструмент движется в направлении обрабатываемой поверхности электрода-заготовки со скоростью подачи и совершает периодические колебания по заданному закону. В процессе сближения электродов давление электролита в межэлектродном промежутке возрастает. При этом скорость течения электролита замедляется, а находящийся в нем газ сжимается и частично растворяется. Относительное объемное газонаполнение уменьшается. Образуется гомогенная межэлектродная среда. В этот момент времени через межэлектродный промежуток начинают пропускать технологический ток высокой плотности. При его прохождении начинается интенсивное раз-