

УДК 621.919.1

О.А. Розенберг, д-р техн. наук, проф., **С.Ф. Студенец**, **В.В. Мельниченко**

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОТЯЖНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ПОЛОСТЕЙ КРУПНЫХ ЧУГУННЫХ ЦИЛИНДРОВ

In article problems of using of combined broaching tool for treatment internal cylindrical hollows in the big size cylinder from special irons. The results of examinations of process cutting-deforming broaching of big orifices (diameter 261 mm) in details from special irons have been represented.

В современном машиностроении, особенно в двигателестроении, все шире применяются новые специальные марки чугунов, по химическому составу и физико-механическим свойствам существенно отличающиеся от общеизвестных марок. Примером такого использования могут служить жаростойкие высоколегированные чугуны марок АХНМГ, АХНМД и АХНММ, применяемые для изготовления гильз тепловозных двигателей. Твердость таких материалов находится в диапазоне 240–310 НВ. Специфичность свойств указанных марок специальных чугунов обуславливает не только особые требования к выбору инструментальных материалов, применяемых для их обработки, но и к виду механической обработки. Другой особенностью, существенной влияющей на определение способа обработки гильз тепловозных двигателей, являются их размеры: внутренний диаметр – 190–300 мм, наружный диаметр – 380–260 мм, длина 540–1200 мм. Приведенные размеры позволяют отнести гильзы тепловозных двигателей к разряду крупногабаритных цилиндров. Традиционно внутренняя полость таких деталей обрабатывается по следующей схеме: черновое растачивание – чистовое растачивание – развертывание – шлифование (хонингование). Ввиду экстремально большого пути резания и высокой твердости обрабатываемого материала для обработки используются твердые сплавы и сверхтвердые синтетические материалы, а также различные прогрессивные схемы (встречное растачивание, вращающиеся резцы и т. д.). Кроме того, к готовому изделию предъявляются высокие требования по размерам, форме и качеству внутренней обработанной поверхности. Перечисленные факторы и обуславливают постоянный поиск эффективных методов и схем обработки крупногабаритных цилиндров из специальных марок чугунов. Ввиду крупных размеров, способа получения заготовок (литье), а также низкой пластичности и высокой твердости обрабатываемого материала такие виды механической обработки, как режущее и деформирующее протягивание, не рассматривались, как перспективные для обработки внутренней полости гильз тепловозных двигателей. В настоящее время новые экономические условия, а также огромный опыт, накопленный с 1964 г. в Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины по исследованию и внедрению в производство процессов обработки цилиндрических отверстий в деталях из различных материалов и сплавов твердосплавными протяжками [1–3], создали предпосылки использования возможностей процесса протягивания для обработки крупных цилиндрических полостей в чугунных цилиндрах.

В качестве исследуемых деталей использовали заготовки высоколегированного чугуна АХНМД для гильз тепловозных двигателей с внутренним диаметром 261 мм, наружным диаметром 300 мм, длиной 542 мм из (рис. 1). Обработанное отверстие должно отвечать следующим требованиям.

Нецилиндричность:

–некруглость – 0,015 мм;

–отклонение профиля в продольном сечении – 0,015 мм.

Непрямолинейность оси обработанного отверстия – 0,03 мм.

Неперпендикулярность оси внутреннего отверстия относительно торцов цилиндра – 0,1 мм.

Шероховатость обработанной поверхности $R_z = 3,2$ мкм.



Рис. 1. Обрабатываемые чугунные цилиндры

Результаты анализа литературных источников по теме исследований показал, что процесс протягивания отверстий больших диаметров в деталях из малопластичных материалов, в том числе высоколегированных чугунов, не только не применяется в производстве, но и практически не изучен. В то же время, результаты исследований, [1, 3, 4] проведенных в ИСМ НАН Украины, позволяют предположить, что эффективным способом достижения требуемых параметров качества является использование комбинированного протяжного инструмента сборной конструкции. Так, современный отечественный исследователь А.В. Чернявский [4] установил, что рациональной схемой обработки отверстий в деталях из чугуна является схема, сочетающая предварительное упрочнение поверхностного слоя с последующим его удалением путем резания и вторичное упрочнение для повышения износостойкости обработанной поверхности. Также показано, что применение деформирующего протягивания на заключительной стадии процесса способствует повышению несущей способности обработанной поверхности чугунных деталей за счет обеспечения необходимой шероховатости и повышения твердости поверхностного слоя. Кроме того, исследователь отмечает, что применять в качестве финишной операции деформирующее протягивание целесообразно при условии обеспечения высокой точности формы отверстия на предшествующих операциях. Сочетание двух способов воздействия на обрабатываемый материал – холодного пластического деформирования и резания – не только значительно улучшает его обрабатываемость и снижает энергоёмкость процесса резания, но при этом повышает стойкость инструмента и производительность обработки [5].

Несмотря на привлекательность применения комбинированного метода протягивания, существуют также трудности, связанные с выбором оптимальной схемы процесса, поскольку взаимное влияние режущих и деформирующих элементов протяжки значительно усложняет определение всех факторов, влияющих на получение заданного качества обработанной поверхности. Применение системного подхода к задаче оптимизации комбинированного метода протягивания рассмотрено в [6]. Также показано, что комбинированное протягивание может развиваться в двух направлениях:

1. Оптимальное разделение между различными способами воздействия комплексной функции повышения параметров качества (режуще-деформирующая схема протяжного инструмента);

2. Использование положительного взаимовлияния холодной пластической деформации и резания (деформирующе-режущий инструмент).

В первом случае качество обработанной поверхности достигается в два этапа: на первом этапе режущий блок обеспечивает заданную точность отверстия, а на втором в результате деформирования получают необходимые шероховатость и упрочнение поверхностного слоя. Во втором подходе используется свойство деформирующего протягивания создавать упрочненный поверхностный слой, который, в свою очередь, создает благоприятные условия для последующего резания, а также повышает динамическую устойчивость инструмента при одновременной работе деформирующего и режущего элементов (блоков) в отверстии, что способствует снижению интенсивности износа инструмента. Рассматривая различные варианты (дифференциацию и интеграцию), исследователи пришли к однозначному выводу: комбинация позволяет значительно повысить качество обработки. Однако следует учитывать также недостатки взаимовлияния режущих и деформирующих элементов. Так, при работе деформирующего элемента непосредственно после режущего процесс холодной пластической деформации будет протекать в условиях контакта с ювенильно чистой обработанной поверхностью, но в случае обработки чугунов эти условия смягчаются за счет преобладающего эффекта самосмазывания контактирующих поверхностей свободным графитом, содержащимся в обрабатываемом материале. Кроме того, при расположении элементов комбинированной протяжки необходимо учитывать наличие волны внеконтактной деформации, особенно при обработке таких малопластичных материалов, как чугуны, так как обработанное отверстие, как правило, дает усадку, независимо от режимов деформирования и геометрических параметров инструмента.

Важным моментом, влияющим на точность формы протянутого отверстия, является правильный выбор схемы процесса протягивания. Существуют три основные схемы протягивания [3]: сжатие, растяжение и осевое заневоливание. В первом случае заготовка опирается на выходной торец. Такая схема применима для обработки коротких деталей (соотношение длины к диаметру меньше в 3–4 раза). Во втором случае опорным является входной торец, и для этого на нем выполняется буртик, кольцевая проточка или резьба. Такая схема используется при протягивании длинных деталей (соотношение длины к диаметру больше в 3–4 раза), если к изделию предъявляются повышенные требования к прямолинейности образующей отверстия, а также при недостаточной жесткости обрабатываемой детали. Однако применение такой схемы не всегда позволяет получить требуемый результат [3]. В ИСМ НАН Украины был разработан оригинальный способ закрепления протягиваемой трубы, заключающийся в осевом заневоливании обеих концов заготовки [3]. Однако такая схема применима только для обработки тонкостенных изделий типа втулок и труб. Поэтому для изучения возможности применения комбинированного протягивания для обработки цилиндрических отверстий в крупных чугунных цилиндрах в первоначальном варианте была принята схема на растяжение как наиболее приемлемая по технологическим требованиям. В качестве комбинированного инструмента для обработки отверстия в чугунных цилиндрах была разработана специальная режуще-деформирующая прошивка (рис. 2.) с направляющим элементом типа разрезной цанги. Для реализации процесса протягивания чугунных цилиндров по схеме растяжения использовали гидравлический пресс модели ИПС 200, оснащенный регулятором давления, позволяющим плавно регулировать рабочее усилие пресса в пределах от 7,5 кН до 2 МН, и гидравлическим динамометром. Конструкция пресса позволяет разместить в рабочей зоне устройство для протягивания (рис. 3) и комбинированную прошивку в начальный момент процесса обработки. В данной модели пресса усилие передается через нижнюю плиту, которая осуществляет перемещение рабочего хода при неподвижной верхней траверсе. С учетом особенностей прессового оборудования была разработана конструкция устройства для протягивания, основной функцией которого было взаимное центрирование обрабатываемой поверхности чугунного цилиндра и оси прошивки в процессе перемещения инструмента. Обрабатываемая заготовка выставлялась в устройстве с помощью регулировочных

винтов. В процессе перемещения устройства на рабочем ходу пресса (при поднятой траверсе) контролировались показания диаметрально установленных индикаторов, перемещающихся по внутренней полости цилиндра. Оправка-шток центрировалась относительно обрабатываемой поверхности выполнялось с помощью установочных конусов. Предполагалось, что в процессе протягивания инструмент будет центрироваться направляющим элементом и отверстием в верхней крышке устройства. Однако, реализовать процесс протягивания по такой схеме не удалось, так как в процессе перемещения инструмента произошел перекося оси инструмента относительно вектора скорости рабочего хода пресса.

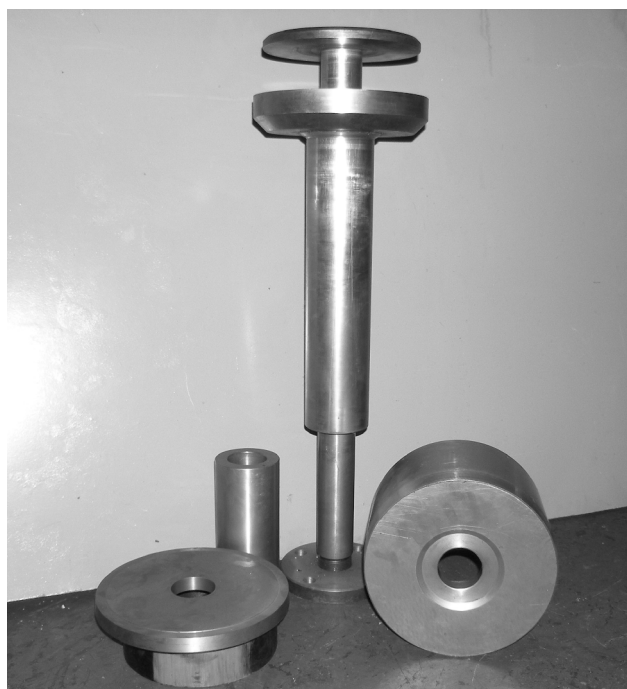


Рис. 2. Общий вид элементов режущей-деформирующей прошивки



Рис. 3. Внешний вид и устройство для протягивания чугунных цилиндров на гидравлическом прессе

Установлены следующие причины перекося: диаметр опорной части устройства превышает диаметр опорной части тензометрического динамометра, на который устанавливается устройство; конструкция пресса ИПС 200 не позволяет жестко фиксировать приспособление (заготовку) в радиальном направлении; лавинообразный процесс стружкообразования не свойствен стандартным маркам чугунов, кроме того, большая толщина срезаемого слоя, которая усиливала эффект пакетирования.

Анализ полученных результатов показал следующее:

- по реализованной схеме растяжения происходит резание и выглаживание обработанной поверхности;
- при припуске на резание 0,7 мм на диаметр осевая сила резания $Q_{рез}$ составила 400 кН;
- при натяге на деформирующий элемент 0,2 мм на диаметр осевая сила протягивания $Q_{пр}$ составила 200 кН;
- суммарная осевая сила составила 600 кН;
- для проведения экспериментов по обработке гаммы чугунных цилиндров необходим гидравлический пресс с рабочим усилием 1,5–2 МН;
- ширина стружки при резании (рис. 4) достигает 30 мм (значительная), при этом стружка имеет веретенообразную форму, что служит причиной ее пакетирования в замкнутом пространстве ограниченного объема. Это необходимо учитывать при разработке конструкции элементов, находящихся перед режущими элементами, а также схемы их разме-

щения во избежание переполнения пространства перед режущим элементом срезаемой стружкой.

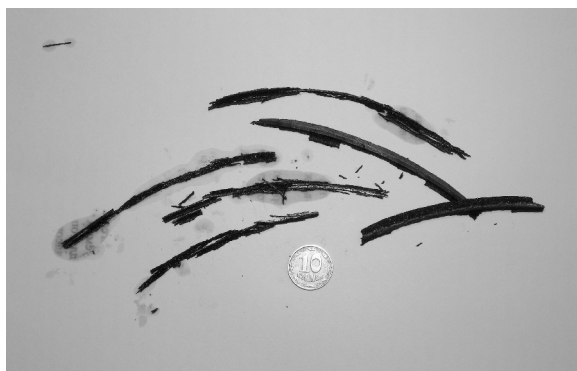


Рис. 4. Стружка, срезаемая режущим элементом комбинированной прошивки

Проведенные предварительные исследования позволили выделить следующие особенности использования комбинированного протяжного инструмента для обработки внутренних полостей крупных чугунных цилиндров:

1. необходимо использовать не менее двух режущих элементов.
2. максимальный срезаемый припуск на режущем элементе не должен превышать 0,25–0,3 мм, максимальный натяг на деформирующем элементе – 0,1 мм;
3. при разработке комбинированного протяжного инструмента следует предусмотреть полости необходимого объема для размещения стружки;
4. для протягивания необходимо использовать гидравлический пресс, позволяющий жестко фиксировать заготовку в радиальном направлении в районе обеих торцев, а также применять опережающее радиальное позиционирование оправки-штока;
5. в качестве направляющего элемента необходимо использовать деформирующий элемент с диаметром, равным максимальному внутреннему диаметру заготовки;
6. диаметру заготовки;
7. диаметр направляющей поверхности оправки-штока должен составлять 0,3–0,5 диаметра обрабатываемой поверхности;
8. необходимо применять конструктивную «развязку» между направлением штока пресса и оправкой-штоком для исключения влияния погрешности перемещения штока пресса на процесс протягивания;
9. необходимо выполнять на режущих элементах стружкоразделительные канавки или лыски, что позволит компактно размещать стружку в замкнутом объеме.
10. Указанные особенности были учтены при проектировании нового устройства и инструмента, которые применялись для процесса комбинированного протягивания чугунных цилиндров по различным схемам на модернизированном гидравлическом прессе модели 7А7У750.

Литература

1. Розенберг О.А. Механика взаимодействия инструмента с изделием при деформирующем протягивании. – К.: Наук. думка, 1981. – 288 с.
2. Качество поверхности, обработанной деформирующим протягиванием/ А.М. Розенберг, О.А. Розенберг, Э.И. Гриценко, Э.К. Посвятенко. – К.: Наук. думка, 1977. – 188 с.
3. Расчет и проектирование твердосплавных деформирующих протяжек и процесса протягивания/ А.М. Розенберг и др. – К.: Наук. думка, 1978. – 256 с.
4. Чернявский А.В. Повышение эффективности обработки отверстий в деталях из чугуна деформирующим протягиванием: Автореф. дисс... канд. техн. наук. – К., 1988. – 18 с.

5. Кузнецов А.М. Деформирующе-режущая обработка: быстрота и качество//Автомобильная пром–ость.- 1989.- № 8.-С. 34.
6. Кузнецов А.М., Уляхин Ю.М. Стратегия поиска наилучшего сочетания резания и деформирования при протягивании// Повышение эффективности протягивания (совершенствование процесса обработки).- Рига: Изд-во Рижск. политех. ин-та, 1988.- С.4-8.

Поступила 29.05.08