

УДК 621.9.02

## ТЕХНОЛОГИЯ И КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕЛКОМОДУЛЬНЫХ ШЛИЦЕВ И ЗУБЬЕВ

<sup>1</sup>Боярский В.Г., <sup>2</sup>Сихимбаев М.Р., <sup>2</sup>Сихимбаева Д.Р.

<sup>1</sup>Карагандинский государственный технический университет,  
 Караганда, e-mail: bojar45@yandex.com;

<sup>2</sup>Карагандинский экономический университет, Караганда,  
 e-mail: smurat@yandex.ru, sdinara2007@yandex.ru

В статье рассматриваются альтернативные методы изготовления мелко модульных шлицев и зубьев шестерен и зубчатых колес взамен их получения снятием стружки. Несмотря на достижения в совершенствовании механической обработки зубчатых деталей, процессы их обработки резанием имеют ряд существенных недостатков: производительность труда остается невысокой, а коэффициент использования металла низким, так как значительная часть металла превращается в стружку. Замена процессов резания при обработке зубчатых деталей процессами пластической деформации в холодном состоянии является прогрессивным методом обработки в технологии машиностроения. Рассматриваются два основных метода получения шлицев и зубьев – метод штамповки и метод накатывания и конструкции технологической оснастки, используемые для их реализации.

**Ключевые слова:** шлицы, модуль, пластическая деформация, технологическая оснастка, накатывание, накатная головка, профиль зуба, штамп, пуансон, матрица, кинематика, центр, зубофрезерование

## THE TECHNOLOGY AND DESIGN OF TOOLING IN THE MANUFACTURE OF FINE-GRAINED SLOTS AND TEETH

<sup>1</sup>Boyarskiy V.G., <sup>2</sup>Sikhimbaev M.R., <sup>2</sup>Sikhimbaeva D.R.

<sup>1</sup>Karaganda State Technical University, Karaganda, e-mail: bojar45@yandex.com;

<sup>2</sup>Karaganda Economic University, e-mail: smurat@yandex.ru, sdinara2007@yandex.ru

The article discusses alternative methods for manufacturing fine-grained slots and gear teeth and gear in return for their obtaining a removal of chips. Despite the achievements in improving machining gear parts, the processes of their machining process have a number of disadvantages: labour productivity remains low, and the utilization rate of metal is low, since a significant portion of the metal turns into swarf. Replacement of cutting processes in the processing of gear parts by plastic deformation in a cold state are progressive processing techniques in engineering technology. Discusses two primary methods for obtaining slots and of the teeth – method of stamping and a method of rolling and construction of production tools used to implement them.

**Keywords:** splines, modulus, plastic deformation, tooling, rolling, rolling head, the profile of the tooth, stamp, punch, matrix, kinematics, center, gear milling

Зубчатые передачи и шлицевые соединения получили широкое распространение благодаря своей универсальности, высокому КПД, возможности применения в широком диапазоне скоростей и мощностей, компактности и надежности. В то же время предъявляются высокие требования к качеству рабочих поверхностей зубчатых колес и шлицевых соединений. Для их обработки требуется высокая квалификация и специальная подготовка операторов. Обработка зубьев и шлицев является одним из самых сложных видов механической обработки, выполняемых на специализированных станках с применением дорогостоящего специального инструмента.

Важнейшими задачами при разработке технологии изготовления зубчатых колес являются: выбор рациональных методов обработки и конструкций инструментов, обеспечивающих экономию металла, повышение

качества, производительности и стабильности процесса, снижение себестоимости и трудоемкости обработки. Решение этих сложных взаимосвязанных задач невозможно без глубокого анализа существующих и создания новых перспективных методов обработки и конструкций инструмента [1, 2].

Изготовление шлицев и зубьев обычно производится методом снятия стружки. Несмотря на достижения в совершенствовании механической обработки зубчатых деталей, процессы их обработки резанием имеют ряд существенных недостатков: производительность труда остается невысокой, а коэффициент использования металла низким, так как значительная часть металла превращается в стружку. Замена процессов резания при обработке шлицев и зубьев шестерен и колес процессами пластической деформации является одним из путей прогрессивной технологии.

Предложенные ранее схемы получения зубьев и шлицев методом пластической деформации были принципиально верны. Эти схемы были положены в основу современной технологии изготовления зубьев и шлицев пластическим деформированием, что дало возможность разработать многие технические решения, позволяющие этим методом получать зубья высокой точности.

В настоящее время накоплен значительный опыт в разработке и исследовании технологии получения зубьев пластическим деформированием, изучена и осмыслена физическая сущность этого процесса.

Процесс деформирования зубьев и шлицев ранее рассматривался как кинематический – подобно процессу нарезания зубчатых колес, не учитывались особенности пластической деформации при конструировании технологической оснастки и инструмента, что являлось ошибкой в исследованиях прошлых лет. Достижение высокого качества профилей зуба и шлицев не представлялось возможным ввиду отсутствия необходимого оборудования, обладающего достаточной мощностью и жесткостью.

Рассмотрены два метода технологии получения шлицев и зубьев методом пластической деформации и технологической оснастки для их реализации, имеющие практическое применение [3, 4].

Разработана конструкция специального штампа для получения конических шлицев

методом пластической деформации, в холодном состоянии, который устанавливается на гидравлическом прессе усилием 400 Тс.

Заготовка вводится в отверстие корпуса 1 и устанавливается на нижний центр 2. С помощью пневмопривода заготовка переключением пневмокрana центр направляет заготовку в верхнее положение до упора 3. В этом положении деталь центрируется верхним 4 и нижним 2 центрами.

В центрах деталь устанавливается так, чтобы ось заготовки совпадала с осью симметрии кулачков. При выполнении этого условия сумма радиальных и тангенциальных сил, действующих на деталь во время выдавливания шлицев, равна нулю, и поэтому на заготовке не будут возникать силы, ее изгибающие.

К верхнему ползуну пресса прикреплен обжимающий корпус 5. При перемещении вниз корпус 5 конической поверхностью преобразует осевое усилие ползуна пресса в радиальное усилие пуансонов 6. Рабочая часть пуансонов имеет форму впадины шлицев. В процессе деформирования металл, вытесняемый пуансоном, идет на удлинение заготовки. Небольшая часть вытесняется вверх, основной же объем металла – вниз, и заготовка удлиняется в этом направлении до 5 мм. Поэтому в штампе верхний и нижний центр сделаны плавающими. Ограничителем хода корпуса 5 служит жесткий упор 7.

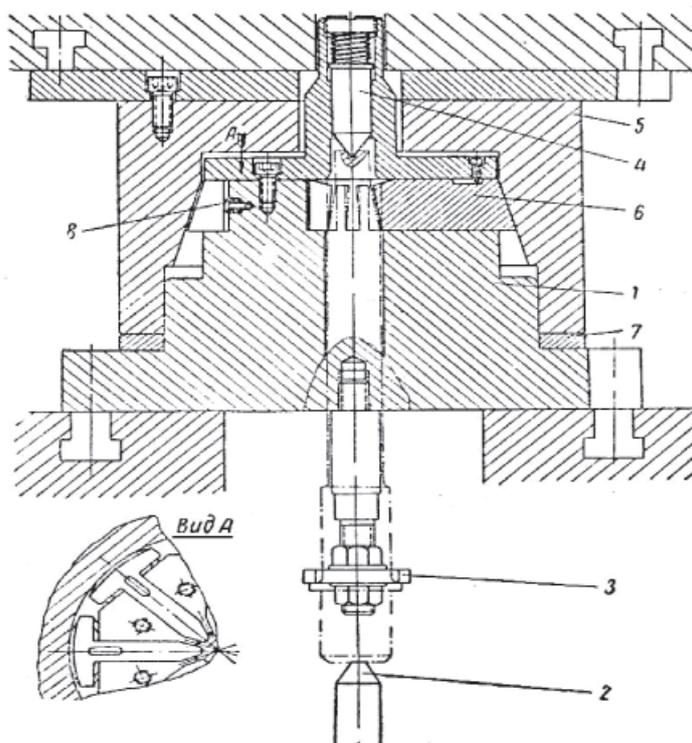


Рис. 1. Штамп для получения шлицев

Подгонкой упора по высоте получают шлицы соответствующей глубины и ширины.

При движении ползуна с прикрепленным к нему корпусом 5 вверх пуансоны под воздействием пружин 8 возвращаются в исходное положение, и шлицы заготовки больше не соприкасаются с рабочей частью пуансона. Центр 2 при повороте пневмораспределительного крана опускает деталь в нижнее положение.

Второй способ пластического деформирования позволяет получать профиль зуба в холодном состоянии накатыванием на обычном металлорежущем оборудовании (токарном или револьверном станке). Получение полного профиля производится в два этапа. На первом этапе профиль формируется накатыванием с помощью специальной накатной головки с планетарной передачей. После накатывания оставляется припуск на окончательную обработку. На втором этапе обработка зубчатого профиля осуществляется холодным калиброванием проталкиванием заготовки через зубчатую матрицу.

На рис. 2 представлена схема разработанной конструкции планетарной накатной головки для накатывания с осевой подачей тремя накатными роликами 6, расположенными под углом 120 градусов.

Головка состоит из неподвижного корпуса 5 и крышек корпуса 3 и 7, внутри которых запрессованы опорные кольца 4. Внутри корпуса находятся подвижные сепараторы 8 и 9, в которых установлены три накатных ролика 6. Накатные ролики выполнены так, что по обе стороны от рабочей части имеются гладкие цилиндрические шейки, которые в процессе накатывания зу-

бьев обкатываются по внутренней поверхности опорных колец 10. Синхронизация вращения накатываемой заготовки и накатных роликов в начальный момент деления на требуемое число зубьев и в процессе дальнейшего формообразования зубьев осуществляется зацеплением зубчатого колеса 1 с шестеренками 2, установленными на конических хвостовиках накатных роликов.

Конструктивной особенностью головки [5, 6] является невозможность перемещения накатных роликов в радиальном направлении, то есть для каждой отдельной головки межцентровые расстояния есть величина постоянная. Опорные кольца 4 в паре с шейками накатных роликов образуют своеобразный подшипник качения, способный воспринимать значительные усилия. Это определяет повышенную жесткость накатной головки и возможность применения ее для накатывания зубчатых профилей с модулем до 2,5 мм. Возникающие упругие деформации весьма незначительны и не оказывают заметного влияния на точность и качество поверхности накатываемого профиля зуба. Отсутствие промежуточных тел качения упрощает конструкцию и обеспечивает восприятие значительных нагрузок при сравнительно небольших габаритах. Так как в головках межцентровое расстояние – величина постоянная, для накатывания различных зубчатых профилей в каждом отдельном случае требуются разные по геометрическим параметрам накатные ролики. Поэтому наиболее целесообразно использовать головки в крупносерийном и массовом производстве.

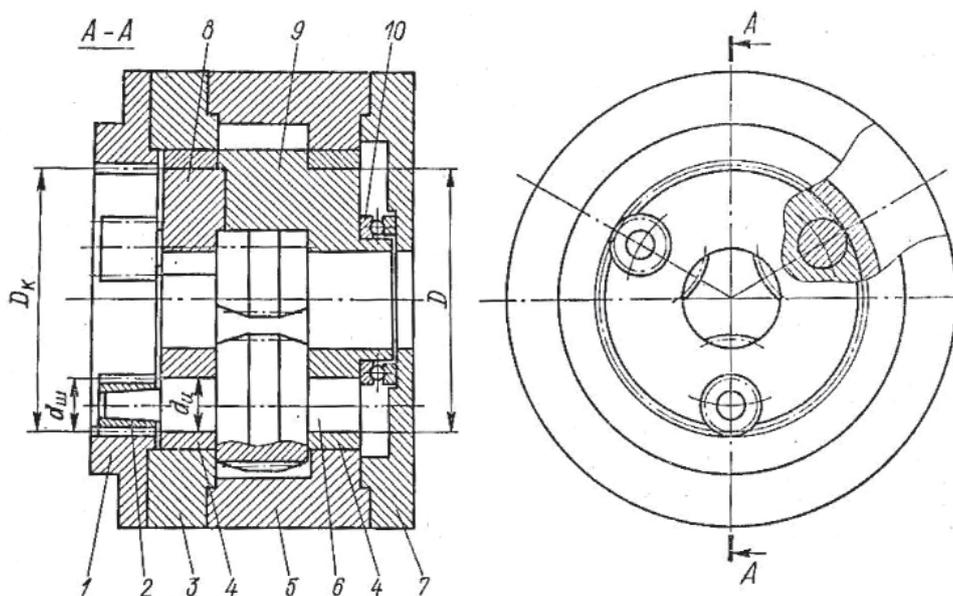


Рис. 2. Накатная головка

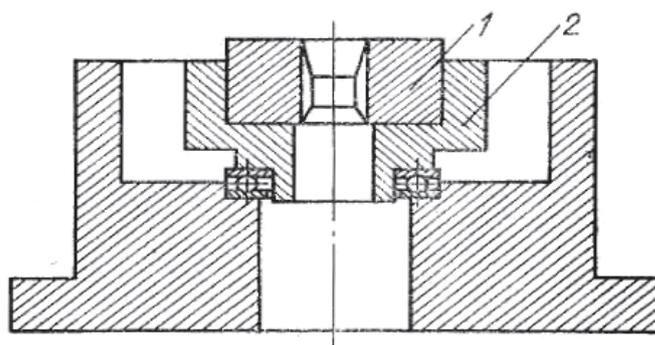


Рис. 3. Штамп для получения профиля зубьев с чистовыми размерами

Применение планетарной накатной головки повышенной жесткости позволяет получать предварительный зубчатый профиль высокой точности.

Схема конструкции штампа для окончательного выдавливания профиля зуба представлена на рис. 3. Матрица 1 имеет окончательный профиль зуба, а профиль направляющего кольца соответствует профилю предварительно накатанного зуба. Установка обоймы 2, в которую помещается матрица, на опорный подшипник позволяет производить холодное выдавливание как прямозубых, так и косозубых колес.

Операции по получению зубчатых профилей и шлицев методами пластической деформации в холодном состоянии позволяют образовать готовый профиль зуба на детали и выполнять окончательную обработку после механической обработки или предварительного накатывания (чистовое холодное накатывание зубчатых колес взамен шевингования).

По сравнению с традиционным методом обработки зубьев колес и шлицевых соединений фрезерованием и зубофрезерованием пластическое деформирование обладает высокой производительностью, характеризуется отсутствием металлической стружки во время формообразования, высоким качеством обработки поверхностей и улучшением физико-механических характеристик обрабатываемых заготовок. Повышается долговечность деталей, и как следствие, уменьшается потребность в запчастях. Детали, обработанные методом пластической деформации, имеют меньшую поводку при термообработке. Уменьшение затрат на инструмент, высвобождение дорогостоящего зубофрезерного оборудования характерно для метода пластической деформации при

получении профиля зубьев и шлицев. Точность зубчатых профилей и шлицев, изготовленных методами пластической деформации, приближается к точности профилей, полученной зубофрезерованием, а в некоторых случаях даже превышает ее.

#### Список литературы

1. Барбарич М.В., Хоруженко М.В. Накатывание цилиндрических зубчатых колес. – М.: Машиностроение, 1970. – 220 с.
2. Бродский А.З., Егорова Д.Д. Технологические процессы изготовления винтовых и зубчатых профилей пластическим деформированием в холодном состоянии // Внедрение прогрессивных технологических процессов в холодноштамповочном производстве. – Л.: ЛДНТП, 1981. – 91 с.
3. Клепиков В.В., Бодров А.И. Технология машиностроения: учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА, 2004. – 860 с.
4. Лапин В.В., Писаревский М.И., Самсонов В.В., Сизов Ю.И. Накатывание резьб, червяков, шлицев и зубьев. – Л.: Машиностроение, Ленингр. Отделение, 1986. – 228 с.
5. Мазуренко Ю.П. Холодное накатывание зубчатых венцов цилиндрических колес. – Львов: Вища шк., 1980. – 163 с.
6. Писаревский М.И. Накатывание точных резьб, шлицев и зубьев. – 2-е изд., – Л.: Машиностроение, 1973. – 200 с.

#### References

1. Barbarich M.V., Horuzhenko M.V. Nakatyvanie cilindricheskikh zubchatykh koles. M.: Mashinostroenie, 1970. 220 p.
2. Brodskij A.Z., Egorova D.D. Tehnologicheskie processy izgotovlenija vintovykh i zubchatykh profilej plasticheskim deformirovaniem v holodnom sostojanii // Vnedrenie progressivnykh tehnologicheskikh processov v holodnoshtampovochnom proizvodstve. L.: LDNTP, 1981. 91 p.
3. Klepikov V.V., Bodrov A.I. Tehnologija mashinostroenija: uchebnik. M.: FORUM: INFRA, 2004. 860 p.
4. Lapin V.V., Pisarevskij M.I., Samsonov V.V., Sizov Ju.I. Nakatyvanie rez' b, chervjakov, shlicev i zub'ev. L.: Mashinostroenie, Leningr. Otdelenie, 1986. 228 p.
5. Mazurenko Ju.P. Holodnoe nakatyvanie zubchatykh vencov cilindricheskikh koles. L'vov: Vishha shk., 1980. 163 p.
6. Pisarevskij M.I. Nakatyvanie tochnykh rez' b, shlicev i zub'ev. 2-e izd., L.: Mashinostroenie, 1973. 200 p.