

Л.А. ИСАЕВИЧ, д-р техн. наук,
Д.М. ИВАНИЦКИЙ, канд. техн. наук,
Г.В. КОСТЕНКО (БНТУ)

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВЫСТУПОВ И ВПАДИН НА ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

В настоящей работе приведен анализ существующих способов получения пластическим деформированием выступов и впадин периодического характера на поверхностях изделий машиностроительного производства с целью определения способа, который наиболее применим для формообразования рабочих кромок режущих элементов, являющихся основным рабочим органом навесного оборудования кормоуборочной и почвообрабатывающей техники. Приведено описание и схемы некоторых известных способов пластического формообразования периодического рельефа на различных изделиях и заготовках, проанализированы их основные преимущества и недостатки.

Следует выделить следующие процессы холодной обработки металлов давлением, при которых на поверхности заготовки образуют периодические выступы и впадины регулярного характера: накатывание резьбы, накатывание шлицев и зубчатых колес. Накатывание наружных профильных элементов (резьбы) деталей типа тел вращения традиционно осуществляется следующими способами.

Накатывание плоскими плашками [1, 2] получило наиболее широкое применение при крупносерийном и массовом производстве резьбовых деталей 3 и 2-го классов точности из конструкционных сталей и цветных металлов (рисунок 1).

Основные недостатки этого способа:

– несовершенство конструкции плашек и сравнительная сложность их изготовления, что при затруднительной регулировке установки плашек ограничивает область применения этого способа накатывания резьбы относительно невысокой точности (3–2-го классов);

– большие радиальные давления, сопровождающие процесс накатывания плоскими плашками и практически исключающие возможность накатывания резьбы на полых деталях.

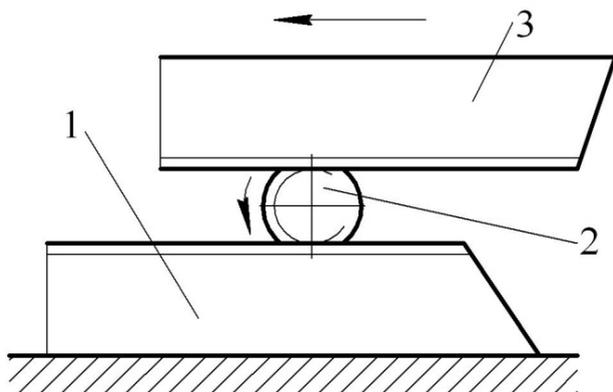
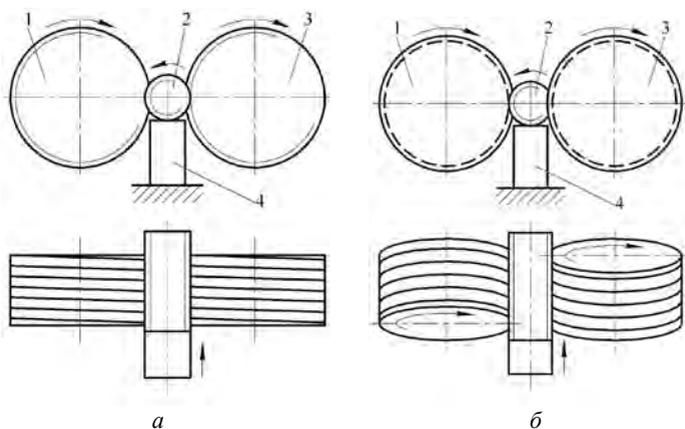


Рисунок 1 – Схема накатывания резьбы плоскими плашками

Способ накатывания резьбы двумя роликами [1, 2] свободен от недостатков, присущих процессу накатывания плоскими плашками, что значительно расширяет область его применения. Малые давления, высокая точность и качество поверхности резьбовых витков, накатанных роликами, надежность и простота настройки оборудования позволяют применять этот метод для обработки самых ответственных резьбовых деталей машин и приборов. Принципиальная схема накатывания резьбы двумя роликами представляет собой схему поперечной прокатки (рисунок 2).

Ролики 1 и 3 вращаются в одном направлении, при этом один из них совершает поступательное движение подачи. Заготовка 2 устанавливается на опорном ноже 4. При сближении на заданное межцентровое расстояние ролики, сдавливая заготовку, увлекают ее во вращение и накатывают на ней резьбу.

Резьбонакатные ролики (рисунок 2, а) имеют многозаходную резьбу с профилем, соответствующим профилю впадин накатываемой резьбы, и с противоположным направлением подъема витков.



а – ролики с винтовой нарезкой; *б* – ролики с кольцевой нарезкой

Рисунок 2 – Схема накатывания резьбы роликами

В основу метода накатывания резьбы роликами с кольцевой нарезкой положен принцип самозатягивания, при котором заготовка 2 (рисунок 2, б) получает при накатывании перемещение вдоль своей оси. При этом расстояние между осями роликов 1 и 3 сохраняется постоянным, а заготовка ввинчивается в витки роликов. Оси роликов с кольцевой нарезкой расположены не параллельно одна другой, а перекрещиваются под углом, соответствующим углу подъема витков накатываемой резьбы. В отличие от винтовых роликов, у роликов с кольцевой нарезкой делают заборную и калибрующую части.

Процесс накатывания роликами может быть осуществлен по двум схемам:

- 1) ролики 1 и 3 разного диаметра вращаются с одинаковой угловой скоростью;
- 2) ролики 1 и 3 одного диаметра вращаются с различной угловой скоростью.

В обоих случаях заготовка 2 вручную или автоматически подается в рабочее пространство между роликами, захватывается ими и, вращаясь вокруг оси, перемещается вниз или вверх. Захват и профилирование происходят в результате активного действия сил трения. Усилие проталкивания заготовки между роликами создается разностью окружных скоростей роликов.

Процесс холодного формирования шлицев и зубчатых профилей осуществляется по двум кинематическим схемам: методу копирования и методу огибания (обкатки) профиля. Кроме этих двух схем, применяется также способ образования зубьев в матрице. Далее приведены наиболее распространенные схемы накатывания.

Метод копирования [3] применяется для образования прямобочных, треугольных и эвольвентных шлицев со значительной высотой профиля (до 6 мм) и при небольшом количестве зубьев обрабатываемых деталей.

При накатывании многороликowymi головками профиль получаемых впадин полностью копирует профиль формообразующей части инструмента (рисунок 3).

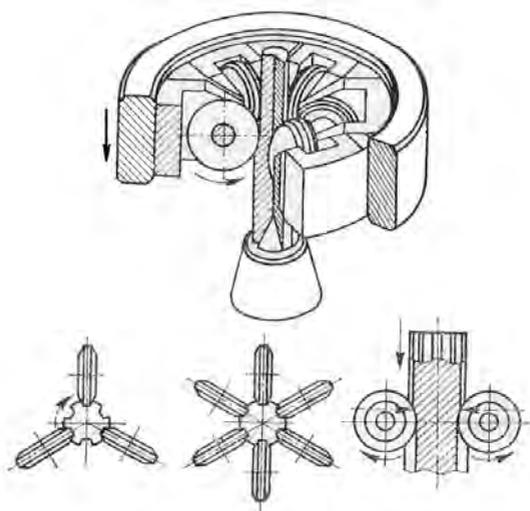


Рисунок 3 – Схема накатывания шлицев многороликowymi головками

Способ импульсного планетарного накатывания зубчатых зацеплений [4] предложен швейцарской фирмой «Э. Гроб» (рисунок 4). В плоскости поперечного сечения заготовки расположены оси двух профилированных накатных роликов, вращающихся в разных направлениях.

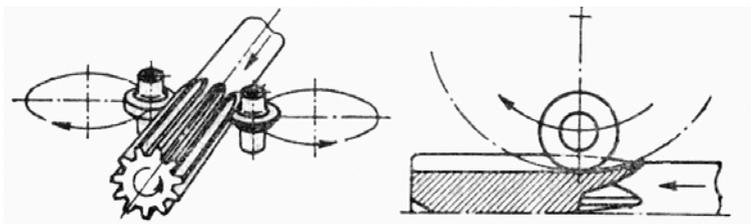
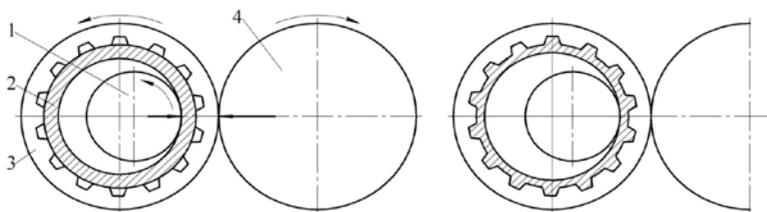


Рисунок 4 – Принципиальная схема импульсного планетарного накатывания

Оси этих роликов описывают круговой путь таким образом, что ролики при каждом полном обороте их осей внедряются в накатываемую заготовку только один раз. Вращение осей роликов и оси заготовки синхронизированы так, что заготовка после каждого вдавливания роликов поворачивается на угловую величину впадины зуба и тем самым после одного полного оборота заготовки формируются все зубья. В процессе обработки заготовка принудительно подается в осевом направлении на всю длину зацепления.

Способ накатывания цилиндрических прямозубых колес [5] разработан в Институте науки и технологии Манчестерского университета (Англия). Проведены исследования накатывания цилиндрических прямозубых колес при помощи специальной сконструированной установки (рисунок 5). Трубчатая заготовка цилиндрической формы 2 помещается в фасонную матрицу 3 с впадинами на внутренней поверхности и раскатной ролик 1 действует на внутреннюю поверхность заготовки. Опорный приводной ролик 4 воспринимает давление и обеспечивает вращение матрицы, в то время как раскатной ролик 1 под действием усилия раскатывает заготовку и обеспечивает постепенное заполнение металлом впадин матрицы.

Способы формообразования периодических профилей продольной прокаткой заключаются в последовательной деформации металла между двумя или несколькими вращающимися валками, рабочие поверхности которых по длине окружности в одном сечении имеют периодический контур или совершают периодические перемещения в пространстве, благодаря чему образуются соответствующие периодические изменения формы и размеров прокатываемой полосы в продольных и поперечных сечениях.



a – начало процесса; *б* – окончание процесса

Рисунок 5 – Схема формообразования зубьев на кольцевых заготовках в матрице

Все известные способы продольной периодической прокатки можно разделить на две основные группы. К первой группе относят способы получения профилей, прокатка которых осуществляется при постоянном расстоянии между осями рабочих валков. Способы получения периодических профилей, прокатка которых осуществляется с изменением расстояния между осями рабочих валков, относят ко второй группе.

Способ прокатки профиля между двумя цилиндрическими валками [6] является одним из наиболее простых способов получения периодических профилей с длиной периода, не зависящей от диаметра рабочих валков, причем один из них имеет возможность перемещаться в процессе деформации металла по заданной программе (рисунок 6). Таким способом можно прокатывать периодические профили только с плавными переходами по длине, например, периодические профили для листовых рессор автотранспорта. Способ пригоден для прокатки профилей с периодическим контуром как на одной, так и на двух противоположных сторонах полосы.

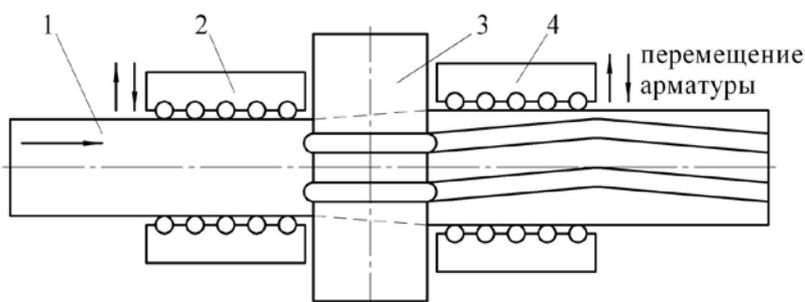
К недостаткам рассмотренного способа прокатки относится невозможность получения на поверхности полосы периодических контуров с резкими переходами. Этот недостаток в определенной степени может быть устранен, если рабочая поверхность перемещающегося валка имеет периодический контур. Тогда на плавный периодический контур, образующийся из-за перемещения рабочего валка в процессе прокатки полосы, может быть наложен более «резкий» контур, соответствующий выступам или впадинам на поверхности самого валка. Периодичность этого второго контура будет зависеть от диаметра применяемого рабочего валка. На рисунке 6

приведена схема прокатки периодических профилей таким способом.



Рисунок 6 – Схема продольной прокатки в валках с периодическим контуром и изменяемым расстоянием между их осями

Способ прокатки профиля между двумя цилиндрическими валками [7] для получения периодических профилей с криволинейными выступами или углублениями по длине полосы реализуется при помощи устройства, схема которого приведена на рисунке 7.



1 – прокатываемая полоса; 2 – вводная перемещающаяся арматура;
3 – рабочий валок; 4 – выводная перемещающаяся арматура

Рисунок 7 – Схема продольной прокатки профилей с криволинейными по длине полосы выступами или впадинами

В процессе прокатки полосу при помощи специальных вводных и выводных устройств перемещают вдоль бочки рабочего вала по закону, необходимому для получения на ее поверхности выступов или впадин, требуемых криволинейных траекторий. Длительное время детали такой конфигурации получали методами точного литья или путем обработки на специальных металлорежущих станках, оборудованных копировальными устройствами. Детали с криволинейными выступами и углублениями находят применение при изготовлении сборных штампов, копировальных и направляющих узлов автоматических устройств, стяжных муфт токопроводов.

Способы чеканки выступов и впадин периодического характера позволяют формировать рельеф на плоской поверхности и обычно осуществляются следующими образом: чеканкой, калибровкой, клеймением, и холодным выдавливанием. Все эти операции основаны на перераспределении и перемещении части или всего объема металла заготовки в процессе обработки давлением. Они характеризуются общностью схемы напряженного состояния, представляющей неравномерное объемное сжатие.

Способ холодного пластического формообразования режущих зубьев сегментов зерно- и кормоуборочной техники [8] позволяет формировать выступы и впадины периодического характера при помощи двух пуансонов и матрицы (рисунок 8).

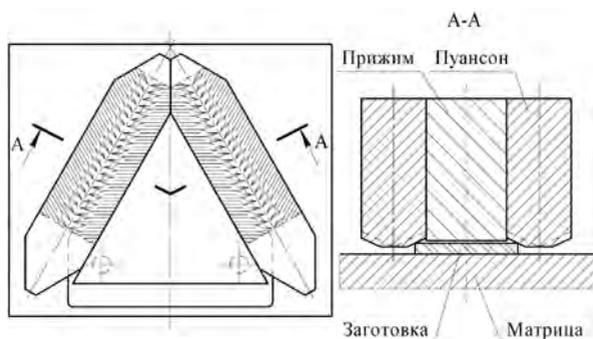


Рисунок 8 – Схема штамповки насечки на сегменте

Эта схема позволяет за один ход ползуна прессы получать готовый полуфабрикат сегмента с насеченным лезвием. Штамп также

оснащен прижимом для предотвращения изгиба заготовки. В процессе штамповки сегмент, предварительно уложенный на плоской матрице по упорам, далее более точно самоустанавливается пуансонами, что обеспечивается наклонными гранями самих пуансонов.

На рабочих гранях пуансонов, наклоненных под углом 25° , выполнены впадины, точно повторяющие зубчатый профиль, образующийся на режущих гранях сегмента, а матрица имеет плоскую рабочую поверхность.

При использовании способа формообразования режущих зубьев устраняются недостатки технологии, при которой периодический профиль получают фрезерованием, а именно окисление и обезуглероживание режущих кромок в процессе последующей термообработки.

Недостатками данного способа является значительное усилие пластического формообразования, которое составляет около 4000 кН, а также низкая стойкость рабочей насечки деформирующего инструмента – пуансонов, поскольку обработка осуществляется в холодном состоянии из стали марки 65Г либо из сталей рессорно-пружинного класса.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Анализ существующих способов получения пластическим деформированием выступов и впадин периодического характера на поверхностях изделий машиностроительного производства позволяет сделать вывод о том, что приведенными способами сложно нанести рельеф на рабочие грани режущих элементов кормоуборочной и почвообрабатывающей техники.

2. Наиболее подходящим является способ холодного пластического формообразования режущих зубьев сегментов зерно- и кормоуборочной техники, однако он обладает существенными недостатками. Следовательно, в соответствии с вышеизложенным, следует предложить способ горячего пластического формообразования рабочих граней, не обладающий приведенными недостатками.

Литература

1. Шнейдер, Ю.Г. Холодная бесштамповая обработка металлов давлением / Ю.Г. Шнейдер. – Л.: Машиностроение, 1967. – 352 с.

2. **Накатывание** резьб, червяков, шлицев и зубьев / В.В. Лапин [и др.]: под общ. ред. В.В. Лапина. – Л.: Машиностроение, 1986. – 228 с.
3. **Миропольский, Ю.А.** Накатывание резьб и профилей / Ю.А. Миропольский, Э.П. Луговой. – М.: Машиностроение, 1976. – 175 с.
4. **Krapfenbauer, H.** Kaltwalzen und tolerierter Verzahnungen / H. Krapfenbauer // Werkstatt und Betrieb. – 1978. – № 10. – S. 657–661.
5. **Мазуренко, Ю.П.** Холодное накатывание зубчатых венцов цилиндрических колес / Ю.П. Мазуренко. – Львов: Вища шк., 1980. – 163 с.
6. **Периодические** профили продольной прокатки: Оборудование и технология / Н.М. Воронцов [и др.]; под общ. ред. Н.М. Воронцова. – М.: Металлургия, 1978. – 232 с.
7. **Безручко, И.И.** Обработка металлов давлением / И.И. Безручко, М.Е. Зубцов, Л.Н. Балакина. – Л.: Машиностроение, 1967. – 312 с.
8. **Исаевич, Л.А.** Особенности технологии получения пластическим деформированием зубьев сегментов режущих аппаратов зерно- и кормоуборочной техники / Л.А. Исаевич, Д.М. Иваницкий, В.А. Король // Вестник БНТУ. – 2006. – № 2. – С. 25–30.