

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЯХ

Кралин А. К., Водолажченко А. Г.

Одним из самых распространенных элементов конструкций деталей является резьба, а функции резьбовых соединений весьма разнообразны, отсюда и большое разнообразие применяемых резьб. Производство резьбовых деталей в настоящее время обеспечено различными способами. Целью работы является системный анализ существующих технологических процессов изготовления деталей, позволяющий определить достоинства и недостатки современных способов пластического формообразования внутренних резьбовых поверхностей на деталях с ограниченной толщиной стенки. Анализ показал, что одной из наиболее эффективных технологий формирования резьбы являются способы, обеспечивающие высокое качество готового изделия, безотходность производства, повышение производительности процесса производства и т. д.

Одним з найпоширеніших елементів конструкцій деталей є різьблення, а функції різьбових з'єднань досить різноманітні, звідси і велика різноманітність застосовуваних різьб. Виробництво різьбових деталей в даний час забезпечене різними способами. Метою роботи є системний аналіз існуючих технологічних процесів виготовлення деталей, що дозволяє визначити достоїнства і недоліки сучасних способів пластичного формоутворення внутрішніх різьбових поверхонь на деталях з обмеженою товщиною стінки. Аналіз показав, що однієї з найбільш ефективних технологій формування різьблення є способи, що забезпечують високу якість готового виробу, безвідходне виробництво, підвищення продуктивності процесу виробництва та ін.

One of the most common structural members of the items is the thread. The functions of the threaded coupling are quite diverse, therefore there is a wide range of the threads used. At present thread items are produced by various methods. The paper is aimed at making system analysis of items production process which allows us to determine both advantages and disadvantages of the advanced methods of plastic shape-forming of inner thread surfaces on thin-walled items. The analysis has proved that the most efficient methods of thread forming are those which provide the finished items' high quality, nonwaste production, increase in productivity, etc.

Кралин А. К.

канд. техн. наук, доц. ДонНАСА  
[ak.kralin@gmail.com](mailto:ak.kralin@gmail.com)

Водолажченко А. Г.

ассистент ДонНАСА

УДК 621.992.8

**Кралин А. К., Водолажченко А. Г.**

### **СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЯХ**

В машиностроении одним из самых распространенных элементов конструкций деталей является резьба. По данным А. И. Якушева [1], количество деталей с внутренним и наружным резьбовым профилем в общем числе деталей современных машин составляет более 60 %. Функции резьбовых соединений весьма разнообразны, отсюда и большое разнообразие применяемых резьб (метрическая, трубная, трапецидальная и др.).

В настоящее время существуют различные способы получения резьбовых поверхностей. Методы изготовления резьбы резанием характеризуются высокой трудоёмкостью, приводят к снижению прочности изготавливаемых деталей. Кроме того, изготовление резьбы резанием на тонкостенных (с толщиной стенки менее двух шагов резьбы) деталях из сплавов цветных металлов практически не осуществимо из-за малой жесткости деталей или же для этого необходимо применять специальную технологическую оснастку.

В соответствии с рекомендациями М. И. Басова, высокая производительность при формообразовании резьбы достигается методом пластического деформирования. Поэтому изготовление резьбы по возможности нужно производить без снятия стружки.

Отечественные ученые внесли значительный вклад в изучение процесса пластического формообразования резьбы и тем самым содействовали широкому промышленному внедрению этих прогрессивных технологических способов обработки металлов давлением.

Значительный вклад в развитие теории процесса выдавливания внесли научные школы Украины, возглавляемые В. А. Евстратовым [2, 3], В. А. Огородниковым [4] и И. С. Алиевым [5–8].

Работы, выполненные в области формообразования резьбы, опубликованы в трудах В. Н. Загурского [9], М. И. Писаревского [10, 11], В. В. Лапина [11], Ю. Л. Фрумина [12], В. И. Меньшакова [13], А. В. Матвиенко [14], Э. В. Рыжова [15, 16], Г. П. Урлапова [13], В. А. Евстратова [2], Г. В. Сопилкина [2, 17] и др.

Накатывание – один из наиболее производительных методов изготовления резьбы. В основу метода положен принцип постепенного вдавливания инструмента в заготовку. В зависимости от перемещения инструмента и заготовки способы накатывания резьбы могут быть разбиты на следующие виды [10, 11]:

- накатывание резьбы с тангенциальной подачей инструмента на заготовку;
- накатывание резьбы с радиальной подачей инструмента на заготовку;
- накатывание резьбы с продольным перемещением инструмента или заготовки.

Накатывание резьбы по схеме тангенциальной подачи может осуществляться плоскими и сегментными плашками с роликами; двумя роликами с разными окружными скоростями; резьбонакатными головками с двумя роликами.

Накатывание резьбы по схеме радиальной подачи может осуществляться одним, двумя или тремя роликами. Круглые ролики на специальных резьбонакатных станках позволяют получать резьбу на деталях более сложной конфигурации диаметром до 125 мм и шагом до 6 мм. Точность накатываемой резьбы в пределах поля допуска 4h и выше.

Имеется значительное количество деталей (тройники, корпуса форсунок и пр.), которые по своей конфигурации не могут быть накатаны на резьбонакатных стенках. Для накатывания резьбы на таких деталях широко применяются резьбонакатные головки, обеспечивающие получение качественной резьбы на металлорежущих станках: токарных, токарно-револьверных, сверлильных, болторезных и токарных автоматах. Применение головок

и устройств позволяет получать окончательно обработанные детали, удовлетворяющие необходимым требованиям по соосности, биению и стабильности размеров резьбы, не выделяя изготовление резьбы в самостоятельную операцию. Машинное время при накатывании головок сокращается, например, в 5–7 раз по сравнению с нарезанием круглыми плашками при значительном повышении качества резьбы. Этот способ основан на пластическом деформировании поверхностных слоёв металла с образованием витков резьбы при ввинчивании, установленных в головке роликов, в накатываемую деталь.

Существенным недостатком резьбонакатных головок является повышенное требование к точности заготовок по диаметру.

Накатывание внутренней резьбы представляет большие трудности, по сравнению с накатыванием наружной резьбы. Накатывание внутренней резьбы ограничено в связи с необходимостью приложения к инструменту значительных крутящих моментов и использование материалов, обладающих повышенной пластичностью.

В настоящее время существуют следующие способы получения внутренних резьб пластическим деформированием: самонарезающими винтами, трехроликовыми головками, бесстружечными метчиками, радиальным обжимом и редуцированием в жесткой матрице.

Трехроликовыми головками выдавливают резьбы в отверстиях диаметром  $> 24$  мм, шагом до 2 мм. Для резьб с шагом  $> 2$  мм осуществляется предварительное нарезание с последующим выдавливанием резьбы роликами. Различные конструкции головок для выдавливания внутренних резьб приведены в работах [9, 10, 12, 18].

Для образования пластическим деформированием внутренних резьб диаметром до 20 мм, шагом до 2 мм и длиной до  $2d$  применяют бесстружечные метчики (раскатники) [16, 19]. Они наиболее эффективны при формообразовании резьб в деталях из высокопластичных материалов с  $\sigma_s < 500$  МПа.

Для формообразования внутренних резьбовых поверхностей пластическим деформированием диаметром более 20 мм используется инструмент с радиальным перемещением деформирующих элементов [20].

В работе [21] разработана конструкция бесстружечного метчика, позволяющая формовать резьбу на стальных тонкостенных деталях. Бесстружечный метчик реализует принципиально новую схему деформирования металла, которая исключает максимальные контактные напряжения.

В работе [22] разработана конструкция комбинированного метчика – режуще-деформирующего, для обработки точных внутренних резьб диаметром 24...25 мм с крупным шагом.

Разнообразные конструкции бесстружечных метчиков описаны в работах [13, 15, 23, 24, 25].

Основными преимуществами выдавливания внутренней резьбы по сравнению с нарезанием является: повышение стойкости бесстружечных метчиков в 2...10 раз, по сравнению со стойкостью режущих метчиков; увеличение производительности труда в 3 раз вследствие устранения потерь времени на удаление стружки, сокращение числа контрольных промеров, исключая переточек инструмента, увеличения скорости обработки; повышение усталостной и статической прочности выдавленной резьбы по сравнению с нарезанной.

Исследования силового режима формирования резьбы бесстружечными метчиками показали, что независимо от схемы получения резьбы, к инструменту прикладываются большие крутящие моменты. Поэтому, перед формированием резьбы заготовка должна быть хорошо закреплена. Это затрудняет изготовление резьбы на тонкостенных деталях с толщиной стенки менее двух шагов резьбы [21].

Кроме указанных, в последние годы применяются способы и устройства для формирования внутренней резьбы на тонкостенной трубе и одновременного соединения двух деталей [26], а также формообразование внутренней конической резьбы [27] путем радиального обжатия заготовки.

Однако применение перечисленных способов и устройств ограничено формообразованием резьбы на коротких участках труб [26] или получением только внутренних конических резьб [27].

Целью работы является системный анализ существующих технологических процессов изготовления деталей, позволяющий определить достоинства и недостатки современных способов пластического формообразования внутренних резьбовых поверхностей на деталях с ограниченной толщиной стенки.

Известен штамп для изготовления фасонных изделий, например, зубчатых колес и звездочек [28]. При этом путем радиального обжатия одновременно формируется внешний профиль звездочки и шпоночный паз.

Известен также штамп для холодного выдавливания винтового профиля на внутренних поверхностях тонкостенных деталей, содержащий профильную оправку и жесткую матрицу, форма которой соответствует форме контура внешней поверхности получаемого изделия [29].

Для накатывания наружных резьб на тонкостенных деталях известен способ, рассмотренный в работе [30], при котором накатывание выступов и канавок в тонкостенных элементах механической передачи осуществляется способом, предложенным в [31].

В работах В. А. Евстратова и Г. В. Сопилкина [2, 17] разработаны теоретические основы и даны практические рекомендации для реализации технологического процесса холодного выдавливания резьб на внутренних поверхностях тонкостенных цилиндрических деталей способами радиального обжима и редуцирования в жесткой матрице. Аналитически определены условия полного заполнения профиля резьбы, при которых обеспечивается равномерное течение металла во все витки, хорошая микроструктура, симметричное нагружение каждого витка резьбообразующего инструмента и предотвращается его разрушение.

Теоретический анализ формоизменения и силового режима выдавливания внутренней резьбы [2] выполнен в два этапа: вначале рассмотрено плоское течение пластического материала в сходящемся канале, затем – осесимметричная задача обжима и редуцирования заготовки ползушками (рис. 1, а) или жесткой матрицей (рис. 1, б) на резьбовой оправке при ограничении осевого течения металла втулками.

Получены выражения для определения относительного удельного усилия деформации заготовки в зависимости от коэффициента заполнения  $K_z$ , диаметра, шага и угла профиля резьбы, толщины стенки детали и коэффициента контактного трения.

В работе [14] исследован процесс выдавливания внутренней резьбы на заготовке, установленной на резьбовой оправке, обкатыванием роликами, которые перемещаются в радиальном (рис. 2, а) или осевом направлениях (рис. 2, б).

В работе [32] приводится схема выдавливания внутренней резьбы на полой заготовке (рис. 3, а). Инструмент для изготовления полых деталей с внутренней резьбой содержит пуансон 1, матрицу 2 с выполненным в ней уступом 3, резьбовую оправку 4, расположенную с возможностью свободного перемещения в отверстии, выполненном в пуансоне 1. Резьбовая оправка 4 подпружинена относительно пуансона 1 пружиной 5. Резьбовая оправка 4 и стенка формообразующего отверстия матрицы 2 образуют между собой зазор, обеспечивающий истечение металла заготовки 6 из формообразующей части инструмента в осевом и радиальном направлении. Этот зазор имеет требуемую конфигурацию в зависимости от формы изготавливаемой детали 7.

Инструмент для изготовления полых деталей с наружной резьбой (рис. 3, б) содержит пуансон 8, формообразующий элемент 9, обеспечивающий получение конфигурации внутренней полости изделия, например многогранной, и резьбовую оправку 10, выполняющую роль матрицы.

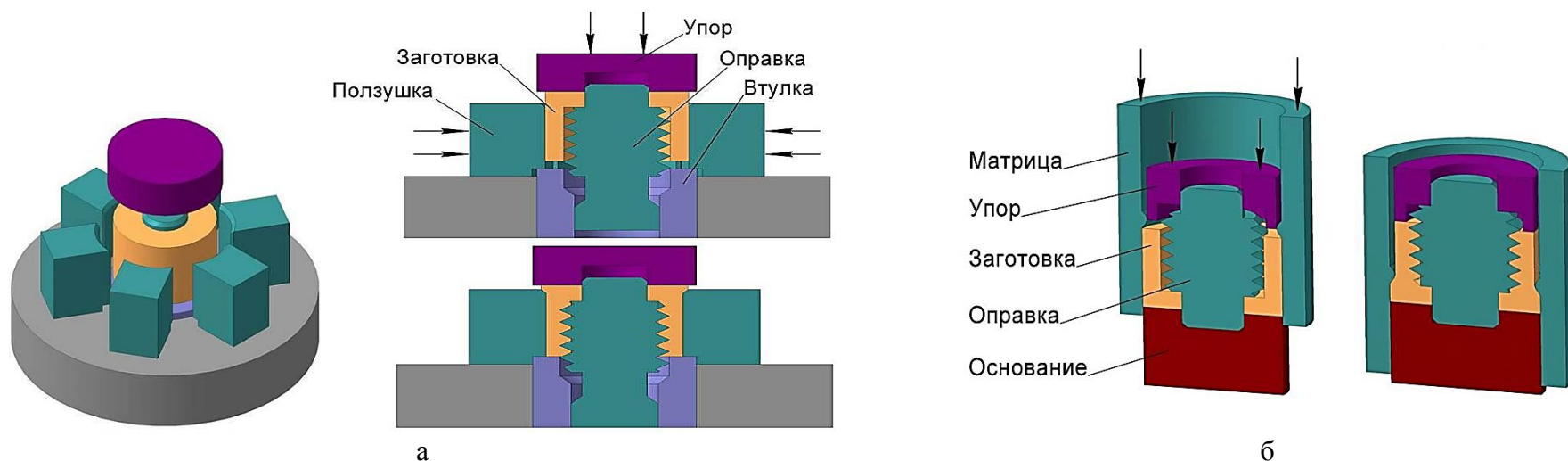


Рис. 1. Схемы холодного выдавливания внутренней резьбы:  
 а – радиальный обжим; б – редуцирование в жесткой матрице

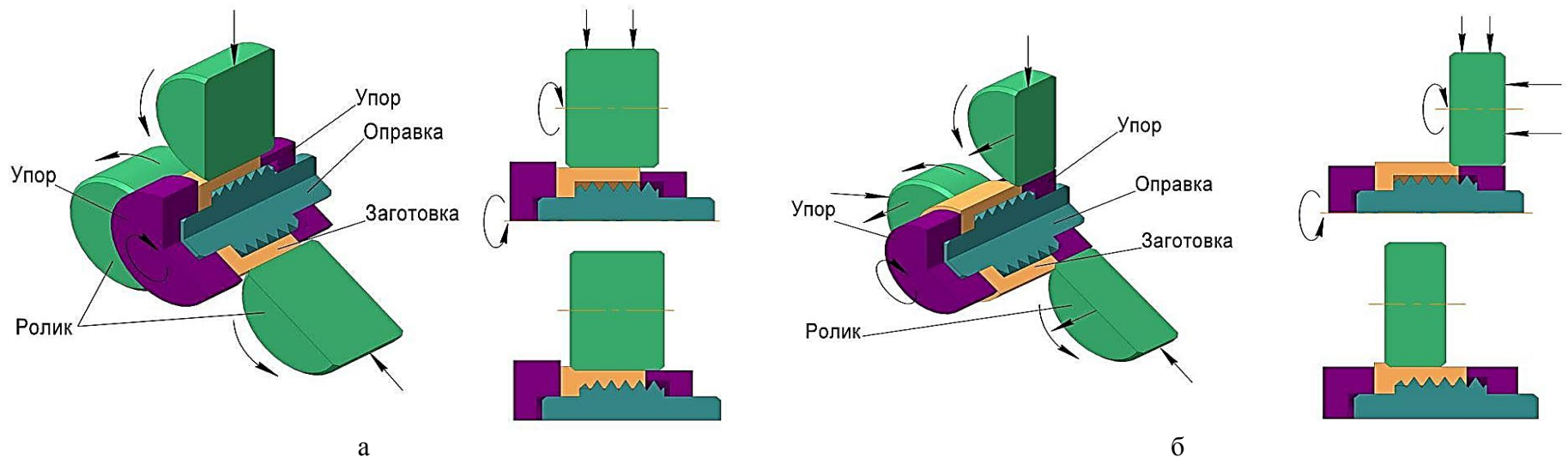


Рис. 2. Схема выдавливания внутренней резьбы обкатыванием роликами:  
 а – радиальная подача; б – осевая подача

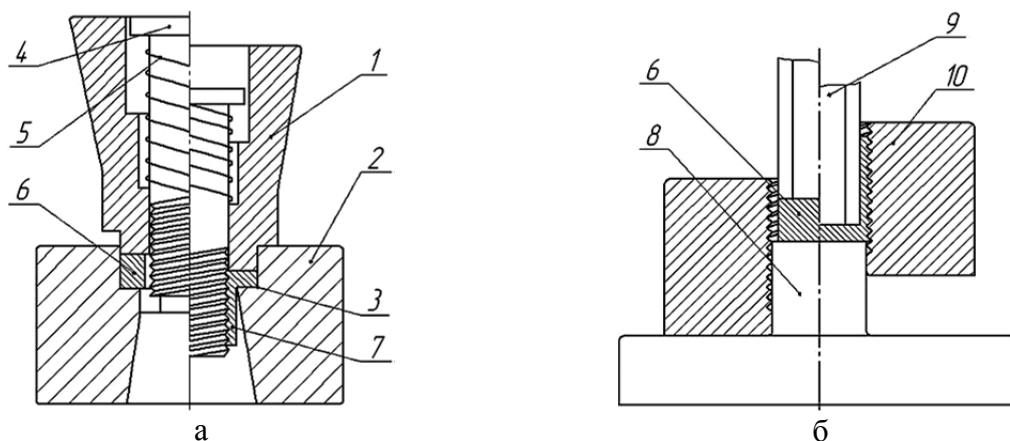


Рис. 3. Схемы выдавливания внутренней резьбы на полых деталях:  
а – выдавливание внутренней резьбы; б – выдавливание наружной резьбы

В работе [33] приводится схема установки для реализации способа получения внутренней резьбы на заготовке типа «гайка» (рис. 4). Установка содержит подвижный пуансон 1, в который устанавливается заготовка 2 гайки для образования в ней внутренней резьбы, стакан 3, обеспечивающий поперечное обжатие, боковые стойки 4 и 5, резьбовую оправку 6, калибрующую втулку 7, матрицу 8, а также стойки 9 и 10, ограничивающие толщину гайки. Процесс выдавливания осуществляется при радиальном перемещении пуансона 1. Представленная схема практически аналогична схеме радиального обжима (см. рис. 1), но не обеспечивается осевое сжатие заготовки – принципиальное отличие этих схем, которое подробно рассмотрено в работе [17].

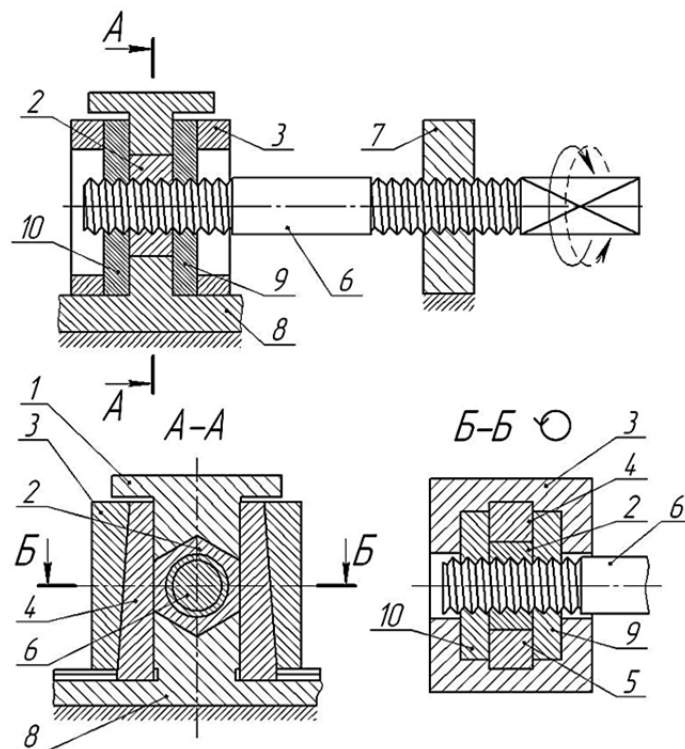


Рис. 4. Схема устройства для выдавливания резьбы на гайках

В работе [34] приведена схема устройства для выдавливания внутренней резьбы, которая содержит оправку 1 с коническим наконечником 2, цангу 3 и профилирующий элемент 4, выполненный в виде винтовой пружины, закрепленной одним концом на цанге 3 (рис. 5).

Формообразование резьбы осуществляется следующим образом. На плиту или стол станка устанавливается заготовка 5 с отверстием под резьбу 6 и в него вводится собранное устройство до упора. Затем к оправке 1 прикладывается вдоль оси усилие, передаваемое через наконечник 2 на цангу 3, которая совместно с пружинной 4 раздается в диаметре, что вызывает внедрение наружного профиля витков пружины 4 в поверхность отверстия 6 заготовки 5 и образование на ней резьбы. При снятии усилия с оправки 1 под действием упругих деформаций цанга 3 с пружиной 4 возвращается в исходное состояние, и устройство извлекается из отверстия заготовки.

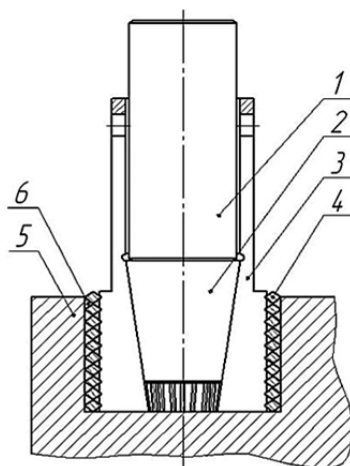


Рис. 5. Схема выдавливания внутренней резьбы

В работе [35] приведена схема выдавливания наружной резьбы. Способ изготовления деталей с наружной резьбой, к которым не предъявляются высокие требования по точности, предусматривает расплющивание заготовки до толщины меньшей внутреннего диаметра готовой резьбы, а формовку резьбы производят на боковых поверхностях полученного полуфабриката с меньшей шириной, одновременно деформируя указанный участок с приложением усилия в направлении, перпендикулярном к направлению приложения усилия при расплющивании.

Известен способ выдавливания внутренней резьбы на тонкостенных деталях [36], при котором заготовка находится на резьбовой оправке, осевое течение металла ограничено упорами, ролики обкатывают заготовку, при этом оси роликов расположены в плоскости, перпендикулярной оси заготовки (рис. 6). Обкатывающие ролики имеют профиль, соответствующий профилю обкатываемой заготовки.

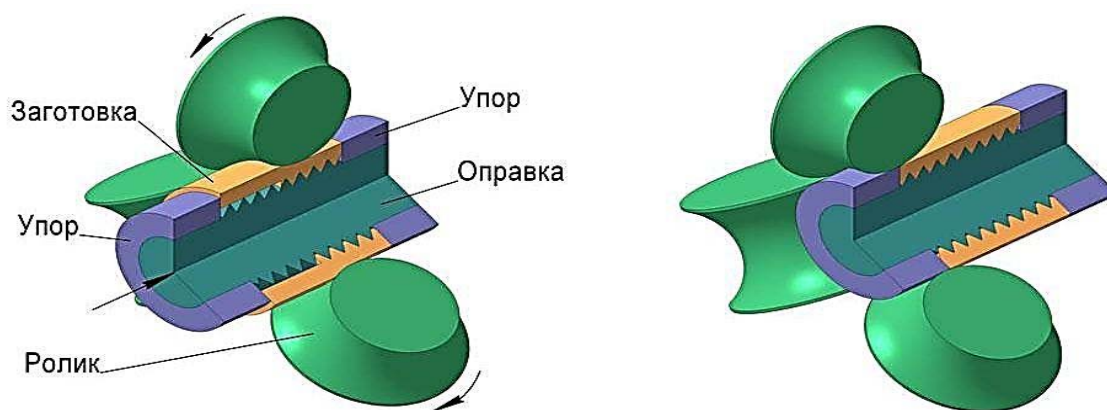


Рис. 6. Способ выдавливания резьбы обкатыванием роликами, расположенными в плоскости перпендикулярной оси заготовки

Предполагается, что предлагаемый способ позволит получить следующие преимущества:

- снижение энергоемкости процесса выдавливания резьбы;
- получение качественной наружной поверхности детали;
- снижение нагрузки на резьбовую оправку;
- повышение производительности.

Представленная схема может быть реализована устройствами, которые по конструкции будут гораздо проще, чем при выдавливании радиальным обжимом или редуцированием.

Для дальнейшего изучения процесса деформирования необходимо рассмотреть течение материала в очаге деформации. Хотя мгновенные условия деформации невозможно проиллюстрировать экспериментально, тем не менее, с помощью простых рассуждений можно получить определенные представления и сделать из них дальнейшие выводы.

## ВЫВОДЫ

Основными направлениями дальнейшего развития черной и цветной металлургии и заготовительного производства являются расширение сортамента, повышение качества и снижение себестоимости получаемых изделий. Отмеченное в полной мере касается и процессов изготовления деталей с резьбовым профилем.

Как показал системный анализ существующих технологических процессов изготовления деталей, имеющих резьбовые поверхности, одной из наиболее эффективных технологий формирования резьбы являются способы, обеспечивающие высокое качество готового изделия, безотходность производства, повышение производительности процесса производства и т. д.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якушев А. И. Влияние технологии изготовления и основных параметров резьбы на прочность резьбовых соединений / А. И. Якушев. – М. : Оборонгиз, 1956. – 192 с.
2. Евстратов В. А. Теоретические основы малоотходной технологии изготовления резьб / В. А. Евстратов, В. Б. Крахт, Г. В. Сопилкин. – Старый Оскол, изд-во СОФМИСуС, 2000. – 146 с.
3. Евстратов В. А. Теория обработки металлов давлением / В. А. Евстратов. – Харьков : Вища шк., изд-во при Харьк. ун-те, 1981. – 248 с.
4. Огородников В. А. Оценка деформируемости металла при обработке давлением / В. А. Огородников. – К. : Вища шк., 1983. – 175 с.
5. Алиев И. С. Моделирование процесса радиально-прямого выдавливания полых изделий из упрочняющегося материала. Сообщение 1 / И. С. Алиев, О. В. Чучин, П. Абхари // Вісник ДДМА : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – № 2. – С. 24–29.
6. Алиев И. С. Метод кинематических модулей для анализа процессов точной объемной штамповки / И. С. Алиев, А. А. Носаков, К. Д. Махмудов // Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2001. – С. 142–146.
7. Алиев И. С. Исследование силового режима процесса комбинированного последовательного попеременно-прямого выдавливания / И. С. Алиев, Р. С. Борисов, О. В. Чучин // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні : зб. наук. пр. в 2-х ч. Ч. 1. – Луганськ : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2004. – С. 11–16.
8. Алиев И. С. Технологические процессы выдавливания с раздачей / И. С. Алиев, О. В. Чучин // Прогрессивные методы и технологическое оснащение процессов обработки металлов давлением : сб. тезисов международной науч.-техн. конф. СПб : БГТУ, Военмех, 2005. – С. 19–22.
9. Загурский В. И. Прогрессивные способы обработки резьбы / В. И. Загурский. – М. : Машигиз, 1960. – 125 с.
10. Писаревский М. И. Накатывание точных резьб, шлицев и зубьев / М. И. Писаревский. – М.-Л. : Машиностроение, 1973. – 220 с.
11. Накатывание резьб, червяков, шлицев и зубьев / В. В. Лапин, М. И. Писаревский, В. В. Самсонов, Ю. И. Сизов. – Л. : Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1986. – 228 с.
12. Фрумин Ю. Л. Высокопроизводительные способы образования резьбы / Ю. Л. Фрумин. – М. : Машиностроение, 1977. – 181 с.
13. А. с. 360179 СССР, МКИ В 23G 5/06. Метчик / В. И. Меньшаков, Г. П. Урлапов (СССР). – № 1607534/25-08 ; заявл. 28.12.70 ; опубл. 1972 ; Бюл. № 36. – 36 с.



14. Матвиенко А. В. Повышение эффективности изготовления тонкостенных резьбовых изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / А. В. Матвиенко. – Макеевка, 1999. – 177 с.
15. А. с. 766774 СССР, МКИ В 23G 5/06. Метчик / Э. В. Рыжов, О. С. Андрейчиков, А. Е. Стешков, В. А. Старосек (СССР). – № 2556258/25-08 ; заявл. 19.12.77 ; опубл. 1980 ; Бюл. № 36. – 51 с.
16. Рыжов Э. В. Раскатывание резьб / Э. В. Рыжов, О. С. Андрейчиков, А. Е. Стешков. – М. : Машиностроение, 1974. – 120 с.
17. Сопилкин Г. В. Исследование процесса пластического формообразования резьбы на внутренних поверхностях цилиндрических деталей : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Г. В. Сопилкин. – Харьков, 1980. – 200 с.
18. Султанов Т. А. Резьбонакатные головки / Т. А. Султанов. – М. : Машиностроение, 1976. – 135 с.
19. Натапов Л. М. Опыт получения резьбовых отверстий пластическим деформированием / Л. М. Натапов // Технол. и констр. высокоэф. пр-ва в автомобилестр. : материалы краткостроч. научн.-техн. семинара. – Л. : Знание ; Лен. н.-т. прод., 1990. – С. 12.
20. Любін М. В. Дослідження процесу пластичного формоутворення внутрішньої метричної різі інструментом з радіальним переміщенням деформуючих пластин : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Любін М. В. ; Вінницький державний технічний університет. – Вінниця, 1997. – 17 с.
21. Старосек В. А. Технологическое обеспечение качества резьб, получаемых бесстружечными метчиками, в деталях с ограниченной толщиной стенок : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / Старосек В. А. – Брянск, 1986. – 186 с.
22. Лексиков В. П. Технологическое повышение качества и производительности обработки внутренних резьб с крупным шагом : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / Лексиков В. П. – Брянск, 1998. – 190 с.
23. А. с. 195842 СССР, МКИ В23В 21h. Метчик для изготовления резьбы методом пластической деформации / А. П. Черный (СССР) ; заяв. и патентооблад. Центральный науч.-исслед. ин-т технологии машиностроения. – № 1034417/25-08 ; заявл. 21.10.65 ; опубл. 1967 ; Бюл. № 10. – 22 с.
24. А. с. 352724 СССР, МКИ В23g 5/06. Метчик для изготовления резьбы методом пластической деформации / А. А. Аренднер, С. И. Велицкий (СССР). – № 1461622/25-08 ; заявл. 20.07.70 ; опубл. 1972 ; Бюл. № 29. – 24 с.
25. А. с. 564110 СССР, МКИ В 23F 5/06. Метчик / О. С. Андрейчиков, А. Е. Стешков, В. А. Старосек (СССР). – № 2166660/08 ; заявл. 15.08.75 ; опубл. 1977 ; Бюл. № 25. – 46 с.
26. United States Patent Office № 3269006 Cl. 29-517. Method of Swaging metal tubes onto internal members / Donald R. Welles Jr., Rockford, Ill., assignor, by mesne assignments, to Besly-Welles Corporation, a corporation of Delaware – Ser. № 390863; Filed Aug. 20, 1964; Patented August 30, 1966.
27. Patentschrift wirtschafst patent № 61414 Kl. 49i, 16. Verfahren und Vorrichtung zum Drucken von Innengewinden / Walter Luttig, Weddersleben uber Quedlinburg, Werner Eitze, Weddersleben uber Quedlinburg; Anmelde-tag: 23.VIII.1967; Ausgabetag: 20.IV.1968.
28. А. с. 203451 СССР кл. 48e, 11. Штамп для изготовления фасонных изделий / Л. И. Федоров (СССР). – № 696086/25 ; заявл. 03.11.1961 ; опубл. 28.09.1967.
29. United States Patent Office № 2947081 Cl. 29-547. Method of forming a sprung sleeve / Carl I., Clevenger, Anderson, Ind., assignor to General Motors Corporation, Detroit, Mich., a corporation of Delaware – Ser. № 532076 ; Filed Sept. 1, 1955 ; Patented September 15, 1957.
30. А. с. 1779457 СССР, МКИ В21 Н3/04. Способ накатывания наружной резьбы и устройство для его осуществления / Г. М. Цфас, Л. И. Федюшина (СССР). – № 4850148/27 ; заявл. 11.08.90 ; опубл. 7.12.92 ; Бюл. № 45. – 23 с.
31. United States Patent № 5069575 Cl. B25G 3/28. Roll forming notches in a thin-wall power transmission member / Carl Anderson, Mt. Clemens, Mich., Anderson Cook, Inc., Fraser, Mich. – Appl. № 528256; Filed May 24, 1990; Patented December 3, 1991.
32. А. с. 913664А СССР, МКИ В21 К1/56. Способ изготовления полых деталей с резьбовой поверхностью / В. И. Канаев, Е. И. Назаров, В. А. Стариков (СССР). – № 2650546/25-27 ; заявл. 31.07.78 ; опубл. 1982 ; Бюл. № 10. – 3 с.
33. А. с. 700268 СССР, МКИ В21 К1/56, В21 Н3/08. Способ получения внутренней резьбы на заготовке / С. Т. Рябцев, В. Г. Семко, А. А. Щерба, Н. Ф. Шевчук, Н. И. Гончаров, В. В. Катяев (СССР). – № 2582784/24-07 ; заявл. 27.02.78 ; опубл. 30.11.79 ; Бюл. № 44. – 44 с.
34. А. с. 847587А СССР, МКИ В21 К1/56. Устройство для формообразования внутренней резьбы / В. А. Игнатъев (СССР). – № 2829014/25-27 ; заявл. 10.10.79 ; опубл. 1980 ; Бюл. № 15. – 2 с.
35. А. с. 852432 СССР, М.кл.3 В21 К1/56. Способ изготовления деталей с наружной резьбой / П. П. Щербина (СССР). – № 2803994/25-27 ; заявл. 27.05.79 ; опубл. 07.08.81 ; Бюл. № 29. – 42 с.
36. Патент на винахід. 98256 Україна, МПК В21К 1/00, В21Н 3/00. Спосіб холодного витискування внутрішнього різьбового профілю на циліндрових заготовках / Матвієнко А. В., Кралін А. К., Водолажченко О. Г. – № a201103330 ; заявл 25.10.2011 ; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 4 с.