

УДК 621.992.8

Кралин А. К.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА РЕЗЬБЫ ПРИ БОКОВОМ ВЫДАВЛИВАНИИ

В машиностроении широкое применение получили детали с ограниченной толщиной стенки, имеющие в качестве конструктивного элемента резьбовую поверхность. Примером таких деталей являются заготовки накладных гаек, втулок, крышек, колпачков и др. деталей цилиндрической формы. Гайки из алюминия, меди, латуни и других цветных сплавов имеют широкое применение при производстве строительных машин, в автомобильной промышленности, при производстве электротехнических изделий и в производстве, где крепежные изделия должны не только прочно скреплять материалы, но и обладать высокой устойчивостью к коррозии. Например, если необходимо соединить с помощью винта и гайки медные детали, то следует использовать винт с гайкой из меди, чтобы не возникало гальванической несовместимости, которая может привести к постепенному разрушению крепежа или изделия. Получение резьбы в таких деталях является сложной технологической задачей. Как показано в работах [1, 2, 3] одним из эффективных методов получения резьбы является холодное выдавливание. Так в работах [4–7] представлен способ бокового выдавливания резьбы, выполнен анализ напряженно-деформированного состояния заготовки и энергосиловых параметров процесса.

Целью работы является проведение экспериментальных исследований по определению качественных характеристик резьбы, полученной боковым выдавливанием (рис. 1), которые выражаются в следующем:

- установить преобладающее течение материала при боковом выдавливании;
- дать рекомендации для формообразования резьбы на заготовках гаек при односторонней и двусторонней схемах бокового выдавливания;
- анализ степени упрочнения готового изделия полученного боковым выдавливанием;
- произвести контроль точности резьбы гаек полученных боковым выдавливанием;
- установить влияние смазок на усилие деформирования заготовки и условия свинчивания гайки с резьбовой оправкой.

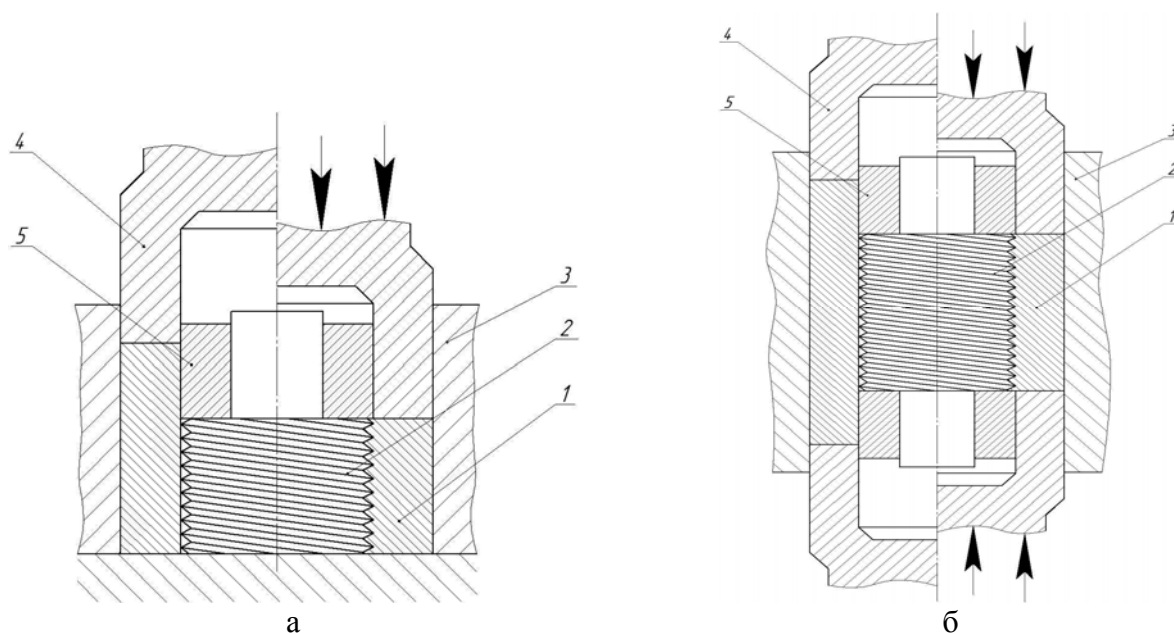


Рис. 1. Способ бокового выдавливания резьбы (1 – заготовка; 2 – резьбовая оправка; 3 – матрица; 4 – пуансон; 5 – направляющая втулка):
а – односторонняя схема выдавливания; б – двусторонняя схема выдавливания

Механические свойства деталей, изготовленных холодной пластической деформацией, во многом зависят от макроструктуры [1], исследование которой позволяет определить волокнистую структуру деформированного материала.

На рис. 2 показана макроструктура зубьев резьбы, полученных односторонним холодным выдавливанием. Материал гаек – алюминиевые сплавы марки АД1, АО, АВ. Химический состав алюминиевых сплавов по ГОСТ 1583-93. Диаметр резьбы 5 мм, наружный диаметр гайки 14 мм, высота гаек 8 мм, 4,5 мм и 4 мм. Фотосъемка объектов велась при увеличении в 100 раз. Одностороннее холодное выдавливание характеризуется преобладающим радиальным течением металла над осевым. Из фотографии видно, что направление волокон соответствует контуру резьбы. Как известно, при такой структуре прочностные свойства детали оказываются более высокими [1].

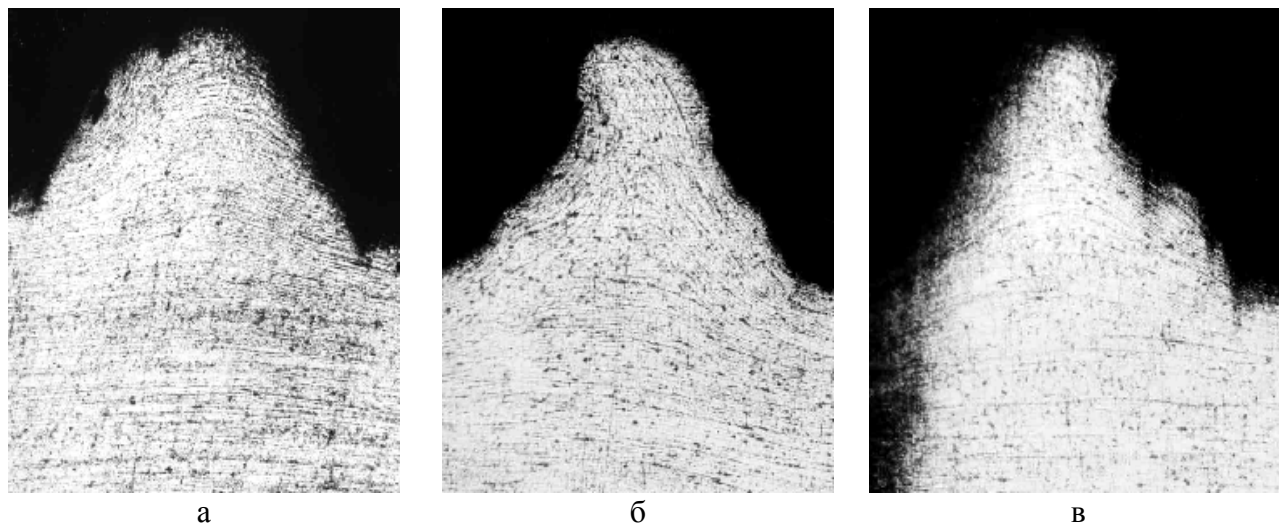


Рис. 2. Макроструктура зубьев резьбы:

а – зуб резьбового профиля гайки высотой 8 мм; б – зуб резьбового профиля гайки высотой 4,5 мм; в – зуб резьбового профиля гайки высотой 4 мм

Холодная пластическая деформация оказывает значительное влияние на физико-механические свойства металла: при деформации имеет место упрочнение. Степень упрочнения определяли путем измерения твердости по поперечному сечению профиля витка резьбы и стенки гайки на твердомере ПМТ-3 с алмазной пирамидой. На рис. 3 показана переходная зона элемента гайки (переход стенки гайки (низ фотографии) в зуб резьбового профиля (верх фотографии)), которая подвергалась измерению твердости.

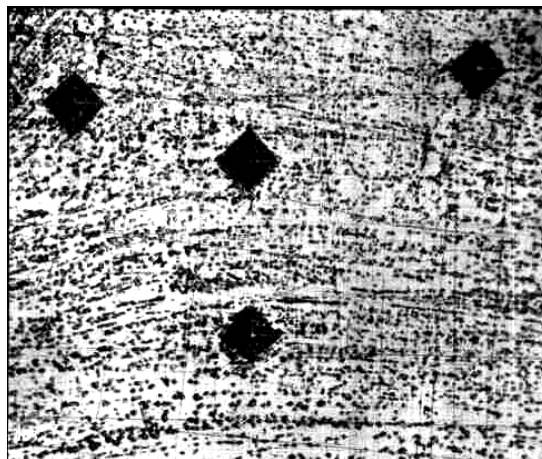


Рис. 3. Отпечатки алмазной пирамиды

Исследование прочностных характеристик гаек, полученных боковым односторонним выдавливанием, показало, что прочность примерно на 15–20 % выше прочности гаек, полученных радиальным обжимом и почти в 1,5–2,3 раза выше прочности гаек, полученных резанием [8]. Данный факт объясняется большим упрочнением материала гайки при формообразовании. Причем по сравнению с радиальным обжимом при боковом выдавливании упрочняется не только резьбовая часть, но и стенка гайки.

На рис. 4 представлены результаты измерения микротвердости (H/mm^2) сечения гайки. Из рис. 4 следует, что твердость по сечению распределяется менее равномерно, чем при выдавливании радиальным обжимом. Твердость резьбовой части выше твердости стенки.

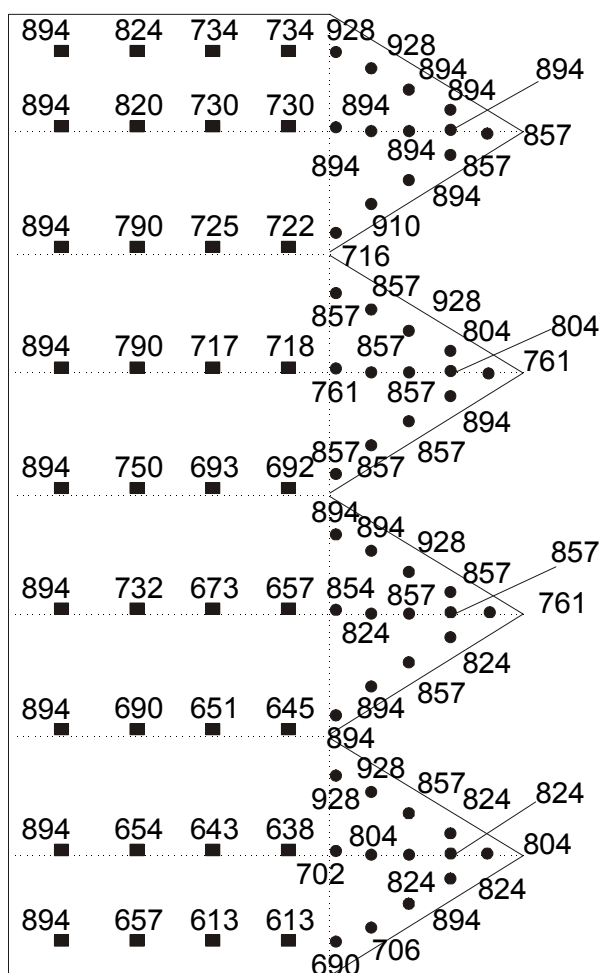


Рис. 4. Микротвердость (H_{10}) профиля резьбы, полученной боковым выдавливанием, высота гайки 4 мм

Так на основании экспериментальных исследований установлено, что оптимальные соотношения геометрических параметров гаек для пластического формообразования должны быть следующие:

$$d_n / d_{вн} \geq 2,4; \quad (1)$$

$$t / h \geq 1, \quad (2)$$

где $d_n, d_{вн}$ – наружный и внутренний диаметр заготовки гайки, соответственно; t – толщина стенки заготовки гайки; $h = k \times S$ – высота гайки; k – количество витков резьбы; S – шаг резьбы.

Но необходимо отметить, что этими соотношениями целесообразно пользоваться при выдавливании резьбы на гайках из алюминия. При использовании других материалов, вследствие разной «степени упрочняемости», эти соотношения могут измениться. Но в любом случае с уменьшением толщины стенки гайки необходимо стремиться к уменьшению ее высоты. В противном случае с увеличением степени деформации высокая вероятность появления микротрещин и даже сколов витков резьбы, как гайки, так и резьбовой оправки (рис. 5).

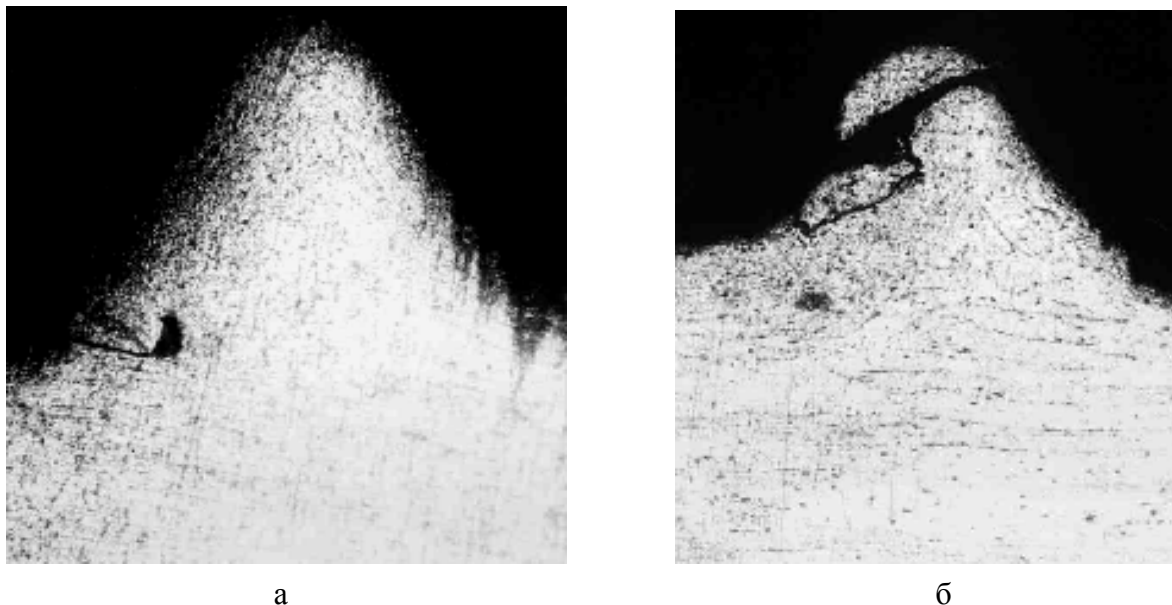


Рис. 5. Дефекты резьбового профиля:

а – микротрещина у основания зуба резьбового профиля; б – скол вершины зуба резьбового профиля

На рис. 6 показаны фотографии макроструктуры части продольного сечения гайки (на одинаковом расстоянии от торца заготовки) – стенка и часть резьбы (переходная часть). Гайка (рис. 6, а) деформировалась в большей степени, чем гайка (рис. 6, б). Из визуального сравнения можно сделать вывод, что с увеличением высоты гайки при неизменной толщине стенки характер течения материала усложняется [8].

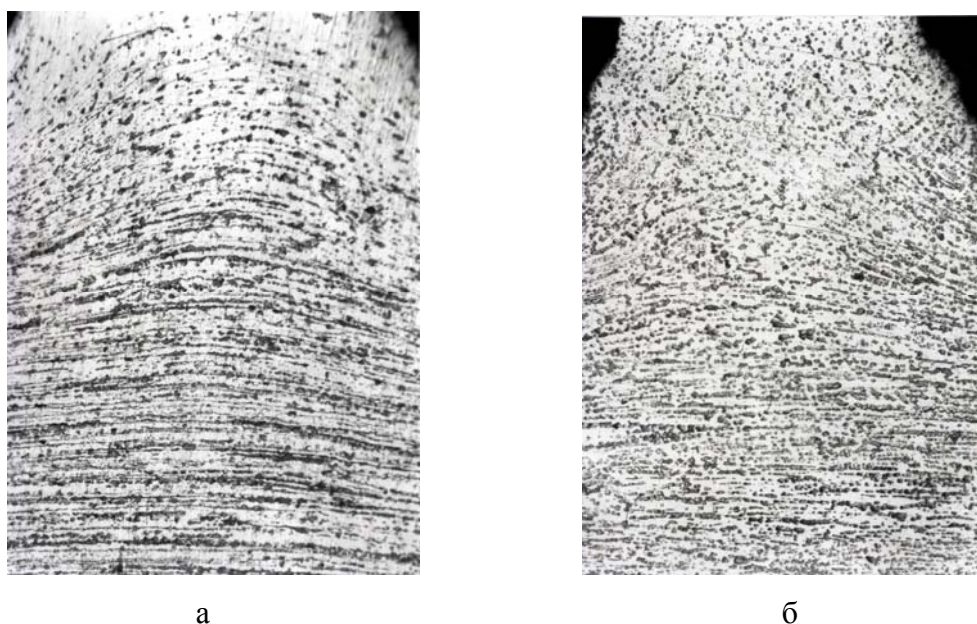


Рис. 6. Макроструктура профиля стенки и части резьбы гайки

Резьбовые изделия контролируем с помощью предельных калибров (комплексный метод). В комплект для контроля цилиндрической резьбы входят рабочие проходные и непроходные калибры.

Проходные резьбовые калибры должны свободно ввинчиваться в проверяемую гайку. У гаек калибрами контролируют приведенный средний и наружный диаметр резьбы. Непроходными резьбовыми калибрами контролируют средний диаметр и они имеют укороченный профиль 2,5...3 витка резьбы. Эти калибры могут ввинчиваться в гайку не более чем на 2 оборота (у сквозной резьбы с каждой из сторон).

Наибольшее влияние на высоту микронеровностей оказывают шероховатость поверхности резьбовой оправки и вид смазки [1].

Для резьбовых оправок с шероховатостью поверхности $R_z = 1,6...0,8$ мкм отмечается схватывание (налипание) материала заготовки с резьбовой оправкой. Устранить этот недостаток можно путем применения предварительно упрочненной (выдавленной) заготовки (из алюминия), снижением шероховатости резьбы оправки до $R_z = 0,2...0,08$ мкм и применением качественных смазок. Для оценки шероховатости измерялась высота микронеровностей по боковым сторонам профиля резьбы при использовании профилометра модели «АБРИС-ПМ7» с помощью слепков, снимаемых с проверяемой поверхности. Результаты оценки шероховатости резьбовой поверхности из различных материалов с различными смазками приведены в табл. 1.

Для повышения эффективности процесса выдавливания резьбы использовались различные смазки: дисульфид молибдена, парафин, графит, сульфифрезол, эмульсия.

Таблица 1

Шероховатость боковых сторон профиля резьбы

Материал гайки	Высота микронеровностей, мкм				
	Дисульфид молибдена (MoS ₂)	Парафин	Сульфифрезол	Графит	Эмульсия
АО	0,15	0,27	0,32	0,49	2,7
АВ	0,15	0,32	0,50	0,47	2,5
МЗ	0,37	0,25	0,64	0,56	1,6
ЛС59-1	0,23	0,28	0,57	0,62	1,25

Значительное снижение усилия деформирования (до 30%) достигается при использовании дисульфид молибдена, при этом также улучшаются условия свинчивания гайки с резьбовой оправки. Жидкие смазки применять не целесообразно.

Шероховатость внешней поверхности детали существенно зависит от шероховатости контактируемых с ней поверхностей штампа. Поэтому для уменьшения шероховатости наружной поверхности гайки необходимо уменьшать шероховатость формообразующих элементов внешней поверхности гаек.

Контроль точности резьбы гаек показал, что размеры выдавленной резьбы, по сравнению с нарезанной в аналогичных материалах, более стабильны и укладываются в поле допуска резьбы гаек средней (5H, 5G, 6H, 6G) и грубой (7H, 7G) точности.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных экспериментальных исследований процесса пластического формообразования резьбы выдавливанием установлено:

1. Деформация материала при выдавливании резьбы боковым выдавливанием характеризуется в большей степени радиальным, а не осевым течением материала. Преобладающее радиальное течение материала приводит к образованию удовлетворительной геометрии и макроструктуры резьбы.

2. Односторонняя схема деформации рекомендована при выдавливании резьбы на заготовках гаек небольшой длины и значительной толщины стенки.

3. Более предпочтительной схемой, с точки зрения формообразования и стойкости инструмента, является двусторонняя, но более простая схема в реализации – односторонняя.

4. Разработанные способы выдавливания резьбы на гайках могут существенно повысить эффективность производства за счет снижения расхода материала и повышения качества изделий.

5. Исследование прочностных характеристик гаек, полученных боковым односторонним выдавливанием, показало, что прочность примерно на 15–20 % выше прочности гаек, полученных радиальным обжимом, и почти в 1,5–2,3 раза выше прочности гаек, полученных резанием.

6. При формообразовании резьбы боковым выдавливанием установлено, что с уменьшением толщины стенки гайки необходимо стремиться к уменьшению ее высоты. В противном случае с увеличением степени деформации высокая вероятность появления микротрещин и даже сколов витков резьбы как гайки, так и резьбовой оправки.

7. Контроль точности резьбы гаек показал, что размеры выдавленной резьбы, по сравнению с нарезанной в аналогичных материалах, более стабильны и укладываются в поле допуска резьбы гаек средней (5H, 5G, 6H, 6G) и грубой (7H, 7G) точности.

8. Значительное снижение усилия деформирования (до 30 %) достигается при использовании дисульфидмолибдена, при этом также улучшаются условия свинчивания гайки с резьбовой оправки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евстратов В. А. Теоретические основы малоотходной технологии изготовления резьбы / В. А. Евстратов, В. Б. Крахт, Г. В. Сопилкин. – Старый Оскол : Изд-во СОФМИСуС, 2000. – 146 с.
2. 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 : сб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА. – 2005. – № 2. – С. 24–29.
3. Матвиенко А. Холодная штамповка резьбы на внутренней цилиндрической поверхности детали / А. Матвиенко, А. Кралин, В. Лазуткин // *Technologii Moderne, Calitate, Restructurare: Universitatea Tehnica a Moldovei, Chisinau*. – 2001. – Vol. 3. – P. 218–222.
4. Патент на винахід. 80176 Україна, МПК В21К 1/00, В21Н 3/00. Спосіб утворення різбового профілю в порожнистих циліндричних деталях / Кралин А. К., Матвієнко А. В., Фініченко В. О.; заявл. рік 29.06.2005; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. – 4 с.
5. Матвиенко А. В. Анализ деформированного состояния заготовки при радиальном выдавливании внутренней резьбы на цилиндрической поверхности / А. В. Матвиенко, А. К. Кралин // *Физика и техника высоких давлений : научный журнал*. – Донецк : ДонФТИ им. А. А. Галкина НАН Украины, 2002. – Том 12. – С. 86–91.
6. Матвиенко А. В. Анализ напряженного состояния заготовки при выдавливании резьбы на гайке / А. В. Матвиенко, А. К. Кралин, О. А. Балахничев // *Прогрессивные технологии и системы машиностроения : международный сборник научных трудов*. – Донецк : ДонНТУ, 2002. – Вып. 21. – С. 99–104.
7. Матвиенко А. В. Энергосиловые параметры процесса выдавливания резьбы на гайках / А. В. Матвиенко, А. К. Кралин, А. Аль Бурины // *Прогрессивные технологии и системы машиностроения : международный сборник научных трудов*. – Донецк : ДонНТУ, 2002. – Вып. 19. – С. 141–145.
8. Кралин А. К. Исследование качества резьбы, полученной пластическим деформированием / А. К. Кралин, А. В. Матвиенко // *Прогрессивные технологии и системы машиностроения : международный сборник научных трудов*. – Донецк : ДонНТУ, 2006. – Вып. 31. – С. 168–173.

Кралин А. К. – канд. техн. наук, доц. ДонНАСА.

ДонНАСА – Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка.

E-mail: ak.kralin@rambler.ru