

А. К. Кралин, канд. техн. наук, доц.; Р. И. Рыбалко, канд. техн. наук, доц.

«ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»

Макеевка, Украина

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТОЧНОСТЬ РЕЗЬБЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ХОЛОДНЫМ ВЫДАВЛИВАНИЕМ

В работе рассмотрены некоторые качественные характеристики резьбового профиля, полученного современными методами, в частности радиальным обжимом и боковым выдавливанием на основе исследований кинематики течения металла, макроструктуры и микротвердости резьбового профиля и оценки шероховатости поверхностей резьбы.

В машиностроении почти 60 % деталей машин имеют резьбовую поверхность. Поэтому разработке прогрессивных методов резьбообразования, позволяющих сочетать качество и производительность уделяется большое внимание, как в отечественном, так и в зарубежном машиностроении.

Одними из таких методов формирования резьбы на гайках, являются способы, основанные на радиально-прямом [1] и боковом выдавливании металла [2]. Рассмотрим детали с резьбой, полученные данными способами.

Механические свойства и точность деталей, изготовленных холодной пластической деформацией во многом зависят от макроструктуры металла.

Радиальный обжим. Выполненные в работе [3] исследования кинематики течения металла при выдавливании показали, что наилучшим условиям формообразования соответствует выдавливание с осевым ограничением течения металла заготовки (рис. 1).

Из визуального сравнения рис. 1(а) и (б) видно, что без осевого ограничения течения материала заготовки высота профиля резьбы неодинакова по длине заготовки. Кроме того, осевое течение материала способствует неравномерному нагружению витков резьбы оправки, что в итоге может приводить к ее разрушению.

На рис. 2 представлена макроструктура резьбы при выдавливании без ограничения осевого течения металла и с осевым ограничением.

Из рис. 2 следует, что осевое течение металла способствует формированию во впадине резьбы трещины, которая, естественно, приводит к снижению прочности резьбы.

а)

б)

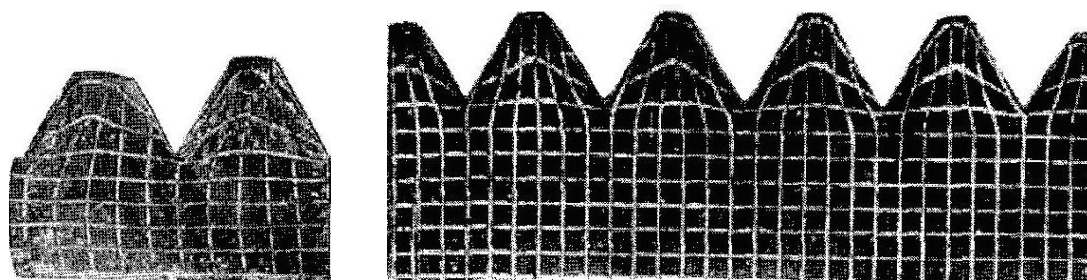


Рис. 1. Делительная сетка при выдавливании резьбы радиальным обжимом без осевого ограничения (а) и с осевым ограничением (б)

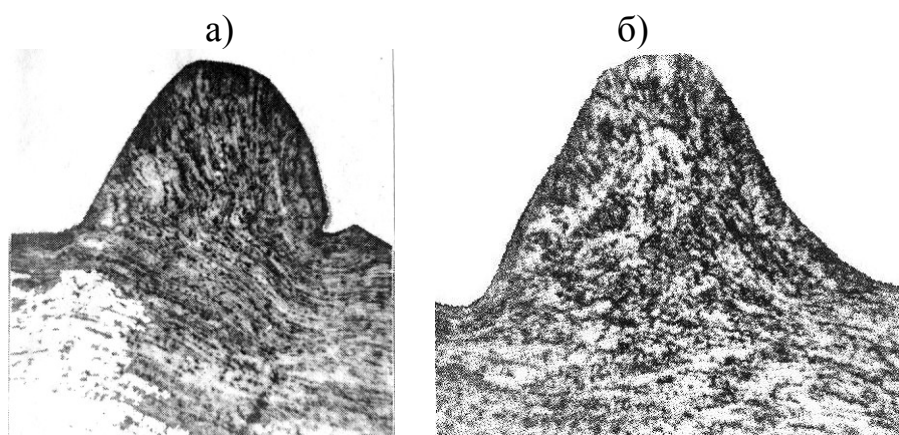


Рис. 2. Макроструктура резьбы при выдавливании радиальным обжимом без ограничения осевого течения (а) и с осевым ограничением (б). Материал алюминий АВ, увеличение $\times 100$.

Выполненные исследования кинематики течения металла при редуцировании в жесткой матрице, также показали, что ограничение осевого течения обеспечивает лучшие условия формообразования резьбы.

Таким образом, обязательным условием выдавливания резьбы радиальным обжимом и редуцированием является ограничение осевого течения материала заготовки.

Исследование прочностных характеристик резьбы осуществлялось с помощью специального приспособления на универсальной испытательной машине УИМ-50 [4]. Определялось усилие среза витков и усилие разрыва стенки детали. Результаты исследований представлены в виде кривой изменения усилия среза витков от количества работающих витков. Для построения графика, приведенного на рис. 3, исследуемые детали навинчивали на определенное количество витков (2, 4, 6, 8, 10) и нагружали до разрушения резьбы срезом. Из графика видно, что усилие среза витков резьбы линейно зависит от их количества.

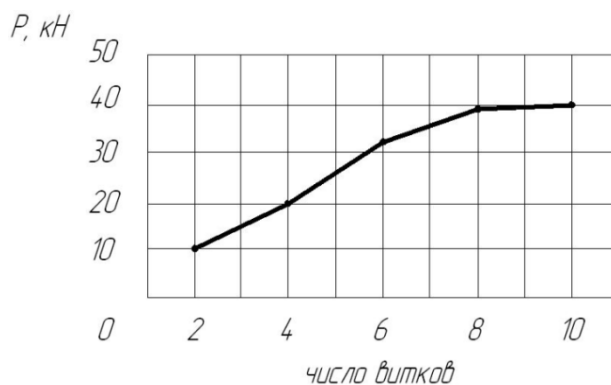


Рис. 3. Зависимость усилия среза гайки от числа витков

Рост усилия среза витков резьбы прекращался после того, как число витков превышало 8. При этом вместо среза витков получался разрыв стенки детали. Необходимо отметить, что при тех же размерах детали с резьбой, полученной резанием, напряжения разрыва почти в 2 раза меньше напряжения разрыва гайки, полученной выдавливанием. Этот факт позволяет уменьшить вес выдавленной гайки за счет уменьшения толщины стенки почти на 10 %.

Возрастание прочности выдавленной гайки по сравнению с прочностью нарезанной объясняется упрочнением материала гайки. Степень упрочнения определялась путем измерения микротвердости по поперечному сечению профиля витка резьбы. По результатам замеров были сделаны выводы о том, что твердость по сечению распределяется практически равномерно, на 2–5 % возрастает у боковых сторон зуба.

Боковое выдавливание. При боковом выдавливании резьбы кинематика течения материала заготовки носит несколько иной характер по сравнению с радиальным обжимом. Так при односторонней деформации заполнение профиля резьбы оправки начинается со стороны действия пуансона. Это приводит к неравномерному нагружению витков резьбы оправки, что может приводить к ее поломке. При двусторонней схеме деформации заполнение профиля резьбы оправки начинается также со сторон действия пуансонов, но неравномерность нагружения витков резьбы оправки менее выражена.

Несмотря на явные преимущества схемы двустороннего бокового выдавливания, все же предпочтительнее с точки зрения простоты реализации процесса формообразования является схема одностороннего бокового выдавливания.

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. Данный факт объясняется более большим упрочнением материала гайки при пластическом формообразовании резьбы. Причем по сравнению с радиальным обжимом

при боковом выдавливании упрочняется не только резьбовая часть, но и стенка гайки.

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

$$\frac{d_n}{d_{вн}} \geq 2,4 \quad (1)$$

и

$$\frac{t}{h} \geq 1, \quad (2)$$

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

Соотношениями (1) и (2) целесообразно пользоваться при выдавливании резьбы на гайках из алюминия. При использовании других материалов, вследствие разной интенсивности упрочнения, 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.

На шероховатость поверхности резьбы наибольшее влияние оказывает шероховатость резьбы оправки и вид смазки. Для резьбовых оправок с $R_a = 1,6...0,8$ 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 $R_a = 0,2...0,08$ мкм и применением качественных смазок (табл. 1).

Табл. 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

Как видно из табл. 1 лучшие результаты получены с использованием дисульфида молибдена. Применение 8–10 % водной эмульсии давало наилучшие результаты для всех рассмотренных способов выдавливания резьбы. Использование эмульсии приводило к схватыванию материала заготовки на резьбовой оправке и затрудняло свинчивание с нее гайки.

Шероховатость внешней поверхности детали существенно зависит от шероховатости контактируемых с ней поверхностей штампа (формующая часть ползушек, калибрующая часть жесткой матрицы, внутренняя поверхность матрицы). Поэтому для уменьшения шероховатости наружной поверхности гайки необходимо уменьшать шероховатость указанных поверхностей деталей штампов.

Контроль точности резьбы гаек, выполненный комплексным методом, показал, что размеры выдавленных резьб, по сравнению с нарезанными в аналогичных материалах, более стабильны и укладываются в поле допуска резьбы гаек средней (5H, 5G, 6H, 6G) и грубой (7H, 7G) точности.

В заключении необходимо отметить факторы, влияющие на условия свинчиваемости гаек с резьбовой оправки.

1. Материал заготовки. На точенных заготовках имеет место схватывание материала заготовки с резьбовой оправкой. Уменьшение налипания и улучшение свинчиваемости деталей характерно для неупрочняющихся или упрочняющихся незначительно материалов.

2. Конструктивные особенности детали. Наличие на резьбовой поверхности детали перепадов, канавок обуславливает появление осевого течения металла, при котором, как уже отмечалось выше, затруднительно свинчивание детали.

3. Конструктивные особенности резьбовой оправки. Резьба оправки должна соответствовать допускам на средний диаметр по 6 качеству; шероховатость резьбы оправки должна соответствовать $R_a = 0,2...0,08$ мкм.

4. Смазка. Применение парафиновой и дисульфид молибденовой смазки создает на поверхности равномерную пленку, обеспечивающую свободное свинчивание гайки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Алиев, И. С.** Моделирование процесса радиально-прямого выдавливания полых изделий из упрочняющегося материала. Сообщение 1 / И. С. Алиев, О. В. Чучин, П. Абхари // Вестн. ДГМА. – 2005. – № 2. – С. 24–29.

2. **Пат. 80176 Україна, МПК⁸ В 21К 1/00, В 21Н 3/00.** Спосіб утворення різьбового профілю в порожнистих циліндричних деталях / А. К. Кралін, А. В. Матвієнко, О. В. Фініченко.; заявл рік 29.06.2005; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. – 4 с.

3. **Евстратов, В. А.** Теоретические основы малоотходной технологии изготовления резьб / В. А. Евстратов, В. Б. Крахт, Г. В. Сопилкин. – Изд-во СО-ФМИСиС, Старый Оскол, 2000. – 146 с.

4. **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.