

ЛИТЕРАТУРА

1. Серебрицкий, П.П. Обработка деталей механическим щетками. – Л.: Лениздат, 1967. - 152 с.
2. Салуквадзе, В.С., Другова, И.А. Изменение свойств в поверхностном слое сплавов при иглофрезерной обработке // Расчет, сооружение и эксплуатация магистральных газопроводов. – М.: ВНИИСТ, 1980 – С. 93-102.
3. Гавриленко, А.И. Технологические основы и пути повышения эффективности иглофрезерной обработки: Автореф. дис...док. техн наук.- М., 1996. - 33 с.

УДК 621.7

Баршай И.Л., Яцко Т.С.

ОСОБЕННОСТИ КОНТАКТА ДЕФОРМИРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА С ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРИ ПОВЕРХНОМ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ ЗАГОТОВОК ИЗ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В триботехнических узлах машин, работающих в тяжелых условиях трения скольжения с ограниченной подачей смазочного материала, широко используются детали из пористых антифрикционных материалов (ПА) на основе железа. Процессы, применяемые для обеспечения износостойкости деталей из этих материалов, обладают рядом недостатков и в большинстве случаев не позволяют в сочетании с технологиями порошковой металлургии обеспечить безотходное производство, что снижает эффективность применения указанных материалов и технологий. Поверхностное пластическое деформирование (ППД), широко применяемое для повышения износостойкости деталей из монолитных материалов (ММ), до настоящего времени ограничено использовалась для деталей из пористых антифрикционных материалов (ПА). Одна из причин этого - недостаток информации о механизме и результатах формирования качества поверхности при ППД деталей из ПА, влиянии этого процесса обработки на их износостойкость.

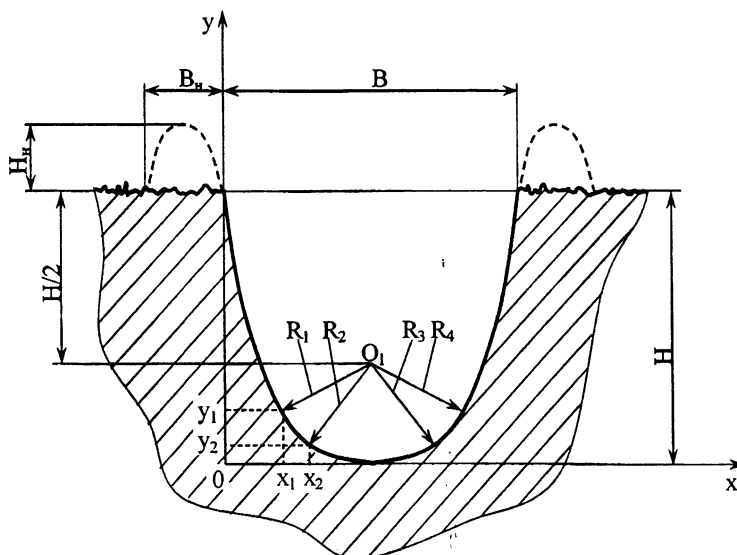


Рисунок 1 - Схема микропрофиля единичного следа деформирующего элемента

Одной из задач оптимизации ППД заготовок из ПА является определение профильного радиуса $R_{пр}$ деформирующего элемента устройства. Решение этой задачи осуществляли на основе экспериментальных исследований процесса формирования параметров микропрофиля единичного следа деформирующего элемента (ролика) на обрабатываемой поверхности. Исследование выполняли на заготовках из материалов ПА-ЖГр2 и ПА-ЖГр1Д3, широко применяемых в машиностроении.

В общем случае микропрофиль единичного следа инструмента характеризуется следующими параметрами: глубиной H и шириной B следа; высотой H_n и шириной B_n наплывов, образуемых по краям следа (рис. 1) [1, 2]. Обкатывание заготовок осуществляли деформирующим элементом с различными профильными радиусами $R_{пр} = 4, 8$ и 12 мм. Усилие деформирования P варьировали в пределах от $0,4$ до $2,0$ кН при обкатывании роликами, имеющих различные $R_{пр}$. Поиск геометрических параметров микропрофиля единичного следа проводили на основе результатов обработки профилограмм, снятых перед очагом, в очаге деформации и за ним (рис. 2).

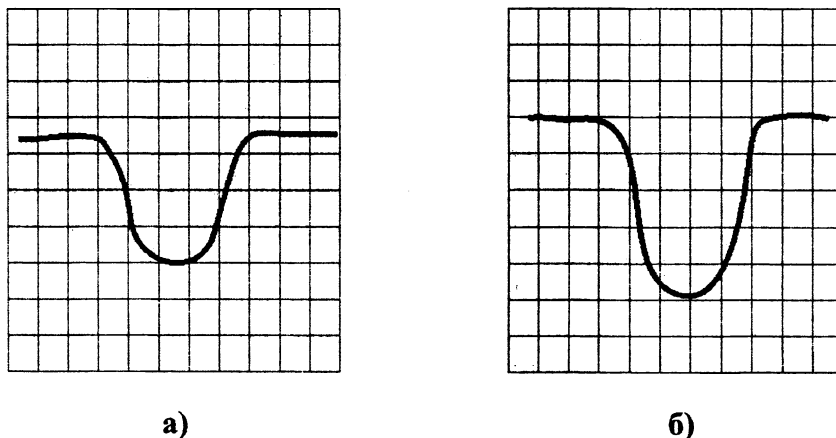


Рисунок 2 - Профилограммы микропрофиля единичного следа деформирующего элемента: а – ПА-ЖГр2; б – ПА-ЖГр1Д3 ($R_{пр} = 8$ мм; $P = 1,6$ кН; вертикальное увеличение – $\times 2000$; горизонтальное увеличение – $\times 500$)

Анализ полученных профилограмм микропрофиля единичного следа на поверхности заготовок из ПА позволил выявить отличие его геометрии от геометрии аналогичного следа на поверхности ММ, а именно отсутствие краевых наплывов. Указанное отличие геометрии микропрофиля единичного следа деформирующего элемента на поверхности заготовок из ПА объясняется следующим. Процесс формирования топографии и упрочнения поверхности ППД заготовок из ПА осуществляется также за счет суммарной деформации. Однако, в этом случае слагаемыми являются: деформация исходных микронеровностей на поверхности порошковых частиц (формирование поверхности), упруго-пластическая деформация самих порошковых частиц (упрочнение поверхностного слоя) и деформация, ведущая к частичному заполнению поверхностных пор материалом порошковых частиц (уплотнение поверхностного слоя). Последнее из указанных слагаемых обуславливает отсутствие краевых наплывов, т.к. всестороннее сжатие в очаге деформации частично компенсируется уменьшением размеров поверхностных пор.

Для определения среднего радиуса впадины микропрофиля единичного следа произвольным образом выбирали четыре точки на его поверхности с координатами (X_i, Y_i) . Центр кривизны на поверхности впадины имел координаты (a, b) (см. рис. 1). Поиск радиуса кривизны впадины осуществляли таким образом, чтобы сумма квадратов разности расстояний от каждой из точек с координатами (X_i, Y_i) до центра окружности с координатами (a, b) и радиусом R была минимальной, т.е. необходимо было определить минимальные значение функции:

$$f(a_i, b_i, R) = \sum_{i=1}^n \Delta R_i^2. \quad (1)$$

Расстояние R_i от точки с координатами (X_i, Y_i) до точки O_1 с координатами (a, b) равно

$$R_i = \sqrt{(a - X_i)^2 + (b - Y_i)^2}, \quad (2)$$

Тогда

$$\Delta R_i^2 = (R - R_i)^2 = R^2 + a^2 + b^2 + X^2 - 2R\sqrt{(a - X_i)^2 + (b - Y_i)^2} - 2aX_i - 2bY_i. \quad (3)$$

Известно [3], что функция имеет экстремум в точке, для которой частные производные равны нулю:

$$\frac{\partial f}{\partial a} = \sum_{i=1}^n (2a - 2X_i - R \frac{2a - 2X_i}{\sqrt{(a - X_i)^2 + (b - Y_i)^2}}) = 0;$$

$$\frac{\partial f}{\partial b} = \sum_{i=1}^n (2b - 2Y_i - R \frac{2b - 2Y_i}{\sqrt{(a - X_i)^2 + (b - Y_i)^2}}) = 0; \quad (4)$$

$$\frac{\partial f}{\partial R} = \sum_{i=1}^n (2R - 2\sqrt{(a - X_i)^2 + (b - Y_i)^2}) = 0.$$

Систему уравнений (4) можно записать в виде:

$$a_n - \sum_{i=1}^n X_i - R \sum_{i=1}^n \frac{a - X_i}{\sqrt{(a - X_i)^2 + (b - Y_i)^2}} = 0;$$

$$b_n - \sum_{i=1}^n Y_i - R \sum_{i=1}^n \frac{b - Y_i}{\sqrt{(a - X_i)^2 + (b - Y_i)^2}} = 0; \quad (5)$$

$$R - \sum_{i=1}^n \sqrt{(a - X_i)^2 + (b - Y_i)^2} = 0.$$

Для решения системы нелинейных уравнений (5) был использован метод итераций [3].

Изменение усилия в указанных пределах при формировании единичного следа роликом с $R_{np} = 4$ мм приводит к увеличению геометрических параметров микропрофиля единичного следа на поверхности заготовок из обоих исследуемых материалов (рис. 3-5). Так при обкатывании заготовок из материала ПА-ЖГр2 глубина H возрастала с 0,07 до 0,19 мм, ширина B - с 1,5 до 2,4 мм.

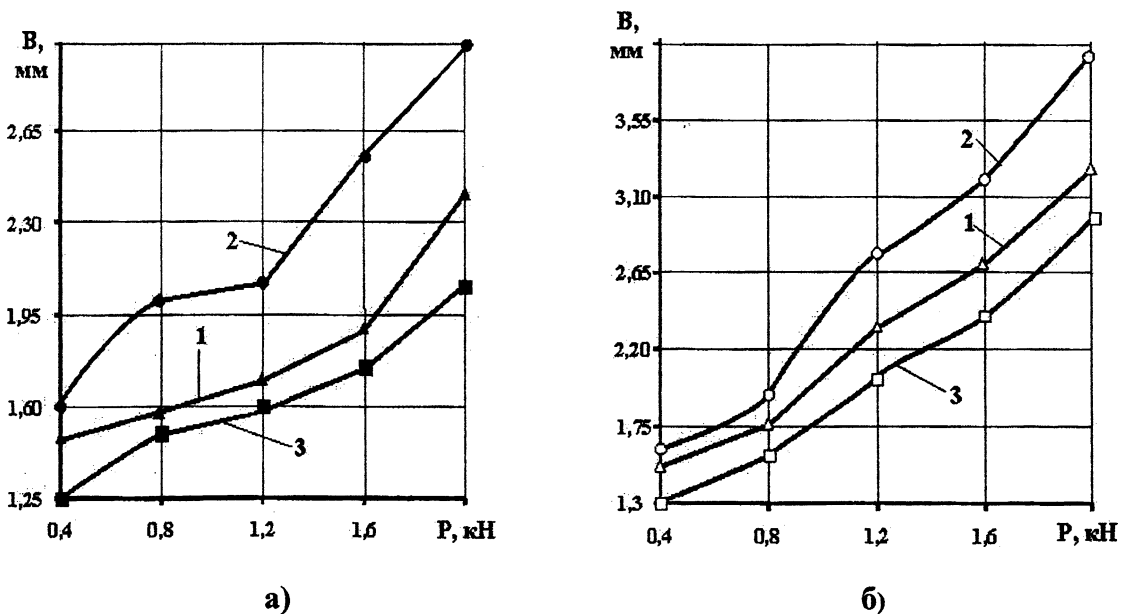
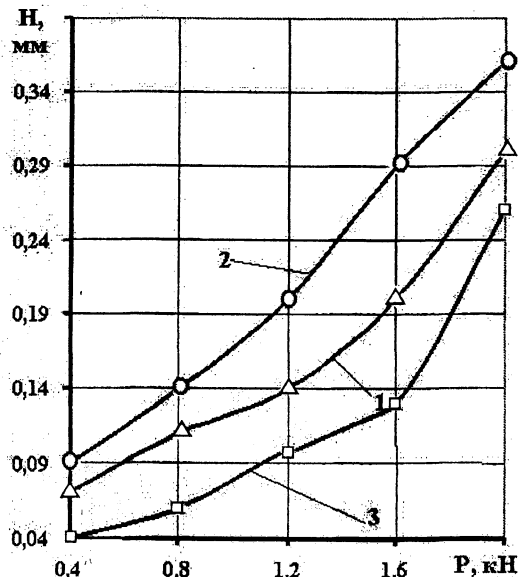
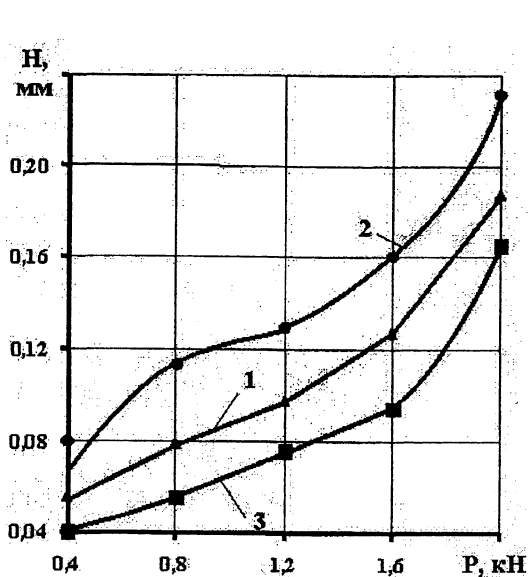
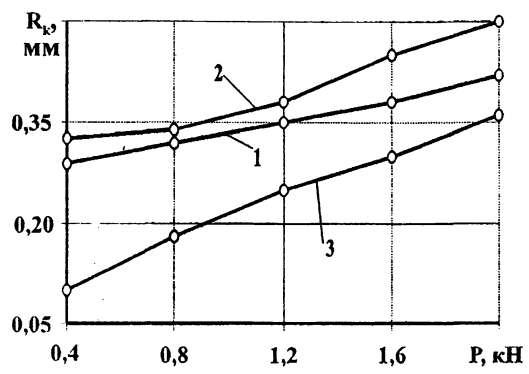
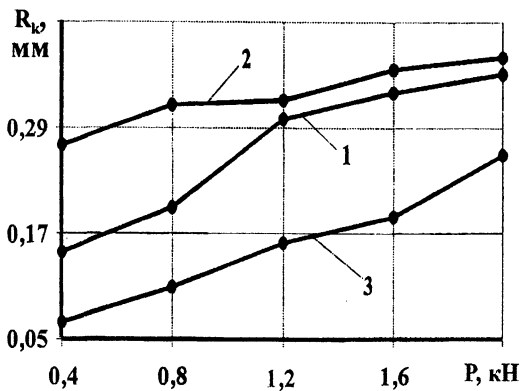


Рисунок 3 - Зависимость изменения ширины B единичного следа от профильного радиуса деформирующего элемента R_{np} и усилия деформирования P
 ($v = 26$ м/мин а - материал ПА-ЖГр2; б - материал ПА-ЖГр1Д3):
 1 - $R_{np} = 4$ мм; 2 - $R_{np} = 8$ мм; 3 - $R_{np} = 12$ мм



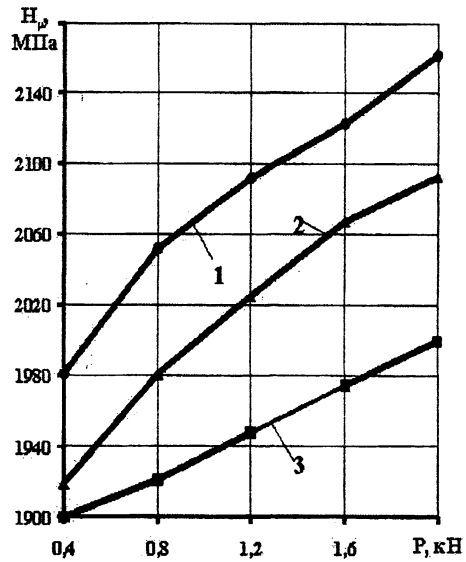
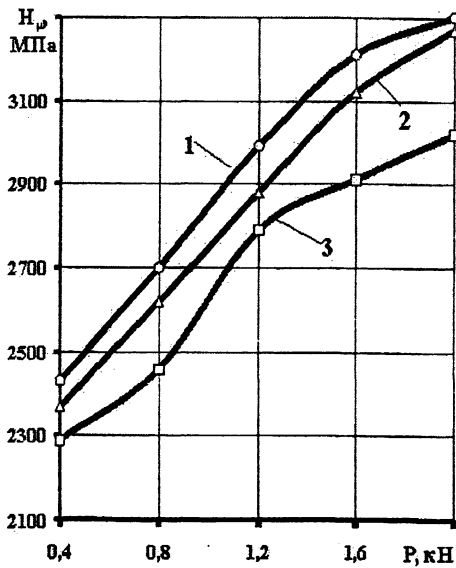
а) б)
 Рисунок 4 - Зависимость изменения глубины H единичного следа от профильного радиуса деформирующего элемента $R_{пр}$ и усилия деформирования P ($v = 26$ м/мин; а - материал ПА-ЖГр2; б - материал ПА-ЖГр1Д3):
 1 - $R_{пр} = 4$ мм; 2 - $R_{пр} = 8$ мм; 3 - $R_{пр} = 12$ мм



а) б)
 Рисунок 5 - Зависимость изменения радиуса кривизны R_k единичного следа от профильного радиуса деформирующего элемента $R_{пр}$ и усилия деформирования P ($v = 26$ м/мин; а - материал ПА-ЖГр2; б - материал ПА-ЖГр1Д3):
 1 - $R_{пр} = 4$ мм; 2 - $R_{пр} = 8$ мм; 3 - $R_{пр} = 12$ мм

Увеличение профильного радиуса ролика ($R_{пр} = 8$ мм) ведет к росту геометрических параметров микропрофиля единичного следа. При обкатывании заготовок из материала марки ПА-ЖГр2 величина B возрастала на 22...53%, H - на 5...19%, по сравнению с обработкой роликом с $R_{пр} = 4$ мм. Это связано с тем, что, несмотря на уменьшение давления в зоне контакта, с ростом $R_{пр}$ увеличивается количество пор в указанной зоне. В результате преобладающее влияние приобретает упругопластическая деформация, приводящая к частичному заполнению пор материалом порошковых частиц в этой зоне. Это в свою очередь способствует внедрению деформирующего элемента в обрабатываемую поверхность.

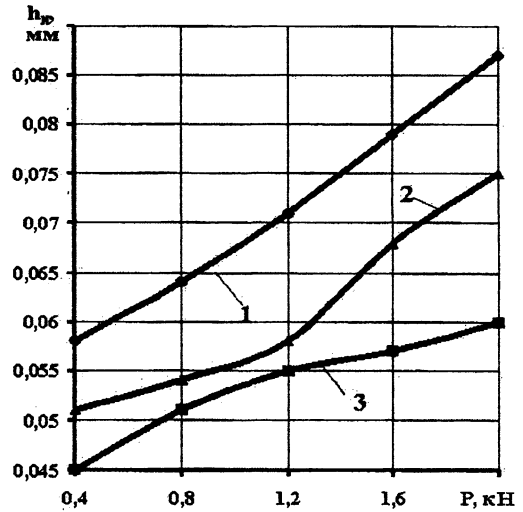
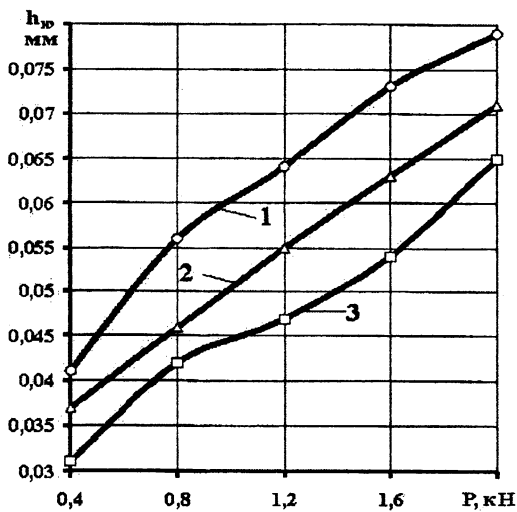
Дальнейшее увеличение $R_{пр}$ до 12 мм способствует существенному снижению при тех же усилиях P геометрических параметров микропрофиля единичного следа на поверхности заготовок из ПА, по сравнению с $R_{пр} = 8$ мм: B - на 5...30 %, H - на 23...54%.



а)

б)

Рисунок 6 - Зависимость изменения микротвердости поверхности от профильного радиуса деформирующего элемента $R_{пр}$ и усилия деформирования P ($v = 26$ м/мин; а - материал ПА-ЖГр2; б - материал ПА-ЖГр1Д3):
1 - $R_{пр} = 4$ мм; 2 - $R_{пр} = 8$ мм; 3 - $R_{пр} = 12$ мм



а)

б)

Рисунок 7 - Зависимость изменение глубины упрочненного слоя $h_н$ от профильного радиуса деформирующего элемента $R_{пр}$ и усилия деформирования P ($v = 26$ м/мин; а - материал ПА-ЖГр2; б - материал ПА-ЖГр1Д3):
1 - $R_{пр} = 4$ мм; 2 - $R_{пр} = 8$ мм; 3 - $R_{пр} = 12$ мм

Такой характер изменения геометрических параметров микропрофиля единичного следа объясняется уменьшением давления в зоне контактной площадки, которое в данном случае не может быть компенсировано ростом количества в ней пор. Увеличение профильного радиуса деформирующего элемента приводит к сокращению глубины деформации поверхностного слоя заготовок из ПА, а, следовательно, и глубины распространения наклепа. На это указывают результаты определения микротвердости поверхностного слоя и глубины наклепа в зависимости от $R_{пр}$ и усилия деформирования. Зависимости изменения микротвердости поверхностного слоя и глубины наклепа от профильного радиуса деформирующего элемента и усилия деформирования изображены на рис. 6-7.

Аналогичные результаты были получены для заготовок из материала марки ПА-ЖГр1Д3.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что при обкатывании заготовок из ПА с увеличением профильного радиуса деформирующего элемента, при прочих равных условиях, наблюдается сокращение глубины деформации поверхностного слоя. Это в свою очередь не позволяет обеспечить его уплотнение и создать в нем значительный по степени и глубине наклеп. При малом профильном радиусе деформирующего элемента ($R_{пр} = 4$ мм) обеспечивается большее упрочнение поверхности вплоть до перенаклепа.

Для монолитных материалов при одних и тех же усилиях накатывания уменьшение профильного радиуса деформирующего элемента приводит к росту степени наклепа, но уменьшает глубину его распространения [4]. Это является принципиальным отличием ППД заготовок из пористых антифрикционных материалов от монолитных.

Полученные результаты исследования формирования микропрофиля единичного следа при обкатывании заготовок из ПА свидетельствуют о том, что деформирующий элемент с $R_{пр} = 8$ мм является оптимальным с точки зрения обеспечения качества поверхности деталей из исследуемых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов, Н.И. О сущности процесса абразивной доводки. В сб.: Передовая технология и автоматизация управления процессами обработки деталей машин. – Л.: Машиностроение, 1970 – С. 398-405.
2. Мартынов, А.Н. Основы метода обработки деталей свободным абразивом, уплотненным инерционными силами. – Саратов: Изд-во СГУ, 1981. – 212 с.
3. Турчак, Л.И. Основы численных методов. – М.: Наука. 1987. – 320 с.
4. Жасимов, М.М. Управление качеством деталей при поверхностном пластическом деформировании. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 206 с.

УДК 621.77

Исаевич Л.А., Гуринович В.А., Сидоренко М.И., Шиманский А.В.

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ОСАДКИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ФОРМООБРАЗОВАНИИ ФЛАНЦА В ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКЕ

*Белорусский национальный технический университет
Минск. Беларусь*

Процесс формообразования методом пластического деформирования фланцев в трубных заготовках является разновидностью процесса раздачи концов этих заготовок жестким инструментом [1-4]. При этом конец трубной заготовки подвергается раздаче под прямым или близким к нему углом [4, 5].

Для осуществления процесса раздачи по данной схеме в деформирующем инструменте необходимо иметь плавный переход от цилиндрической части к плоскости в виде торообразной поверхности (рисунок 1). Такая поверхность, естественно, копируется и в раздаваемой части заготовки, что в ряде случаев не допускается конструкцией получаемой детали.

С целью исправления указанного недостатка и обеспечения острой кромки между цилиндрическим отверстием и фланцевой частью толщину стенки заготовки заранее выбирают увеличенной. После этого за счет удаления избытка металла обработкой резанием получают деталь с острой кромкой в зоне перехода от фланца к цилиндрической полости заготовки.