

**FEATURES OF DESIGNING A SINGLE TOOL TO RESTORE PROCESS
OF WORN-OUT ELEMENTS OF BROACHING DETAILS**

Vladimir Shibakov, Ayrat Zagidullin, Dmitri Pankratov, Aynur Valiev, Rostislav Shibakov
Kama State Academy of Engineering and Economics, 423810, Naberezhnyi Chelny

Abstract

In the article scrutinized the basic stage of deforming a single toll to restore worn-out elements of process detail, taking into account peculiarities of the metal fleshing.

Key words: *recovery, deformation, a single punch, forming, broaching.*

Детали реальных механизмов различных видов техники вследствие трения подвержены износу. Потеря работоспособности техники из-за износа поистине народнохозяйственная проблема. В масштабах страны это колоссальные потери различных ресурсов. Поэтому, обеспечение техники запасными частями путем их восстановления из изношенных, является одной из приоритетных научно-технических задач.

Из существующих способов восстановления деталей особое место занимают операции обработки металлов давлением, позволяющие, помимо восстановления первоначальных размеров, формы и свойств поверхностного слоя, добиваться залечивания повреждений, накопленных при эксплуатации детали, а применение в дальнейшем термомеханической обработки позволяет регулировать получаемые эксплуатационные свойства.

Способы восстановления пластической деформацией основаны на принудительном местном перераспределении металла самой детали из нерабочих поверхностей на рабочие с целью компенсации износа. Наличие так называемого свободного металла объясняется, тем, что уже на стадии проектирования деталям закладывается завышенная прочность обусловленная необходимостью обеспечения технологичности изделия при производстве [1].

Операция прошивки достаточно часто используется в технологических процессах обработки металлов давлением при изготовлении деталей с отверстием или углублением, а также и при восстановлении деталей. Это связано с тем, что в процессе образования полости, происходит смещение металла из середины образца к боковой поверхности. Однако использование прошивки для восстановления деталей может быть ограничено в ряде случаев, а именно:

- 1) при отношении высоты (h) к диаметру(d) пуансона $\geq 2,5$ происходит потеря устойчивости, что приводит к поломке;
- 2) при $d \leq 20$ мм не обеспечивается достаточная стойкость пуансона из-за быстрого его нагрева. В данном случае прошивка многоразовым пуансоном возможна при условии, если процесс идет с низкой производительностью и пуансон остывает до $300-400^{\circ}\text{C}$ перед каждым последующим внедрением;
- 3) на поверхности детали после прошивки недопустимо наличие полости [2].

Помимо этого, в условиях горячего деформирования к эксплуатационным свойствам многоразового пуансона предъявляются большие требования, а именно: высокая теплостойкость, высокое сопротивление пластической деформации, высокая износостойкость,

разгаростойкость в условиях циклических температурно-силовых воздействий и высокое сопротивление хрупкому разрушению [3].

В связи с этим, для расширения номенклатуры восстанавливаемых деталей в качестве деформирующего инструмента предлагается использовать разовый пуансон, который после внедрения образует с деталью неразъемное соединение. Применение разового пуансона также исключает необходимость выбора в качестве его материала дорогой штамповой стали и осуществления специальной упрочняющей обработки.

Для проектирования размеров и формы разового инструмента необходимо учесть особенности смещения металла при прошивке. В общем случае, абсолютное перемещение материальной точки при прошивке образца (O-O' на рис. 1) равно сумме векторов собственно пластического перемещения металла 1 и переносного движения 2 за счет деформации окружающих точку O слоев металла.

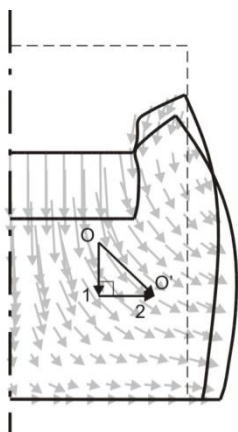


Рисунок 1 – Схема к оценке пластического и переносного движения материальной точки в очаге деформации

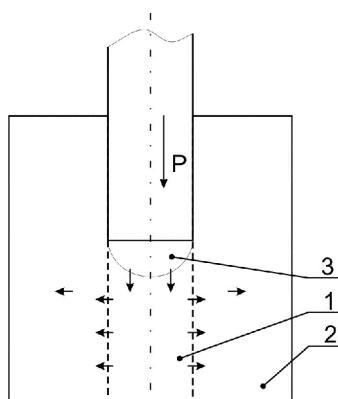


Рисунок 2 – Общая схема деформирования при прошивке:

1 – область объемного сжатия; 2 – кольцевая область; 3 – зона затрудненной деформации; стрелками показано направление течения металла

Общий принцип деформирования металла при прошивке можно проследить на схеме, показанной на рис. 2. Область затрудненной деформации 3 движется вниз, выталкивая металл из очага деформаций 1 в радиальном направлении (подвергается осадке), раздвигая кольцевую область 2.

При этом кольцевая область 2 сначала раздается, а потом осаживается за счет того, что металл верхней части образца увлекается пуансоном по ходу его движения. При движении инструмента вниз высота области 1 уменьшается, что приводит к преимущественному вытеснению металла в нижнюю часть кольцевой области 2 и увеличению размеров нижней части образца. Это, в свою очередь приводит к изгибу боковой поверхности образца, образованию зазора между пуансоном и прошиваемым элементом, объем которого равен V_3 (рис 3,а), и образованию кольцеобразной зоны трения на цилиндрической части инструмента. В связи с этим для получения качественного неразъемного соединения между инструментом и

восстанавливаемым элементом детали необходимо заполнить данный зазор материалом разового инструмента (рис. 3,б).

На рисунке 3 представлена схема процесса восстановления изношенного элемента детали прошивкой разовым пуансоном.

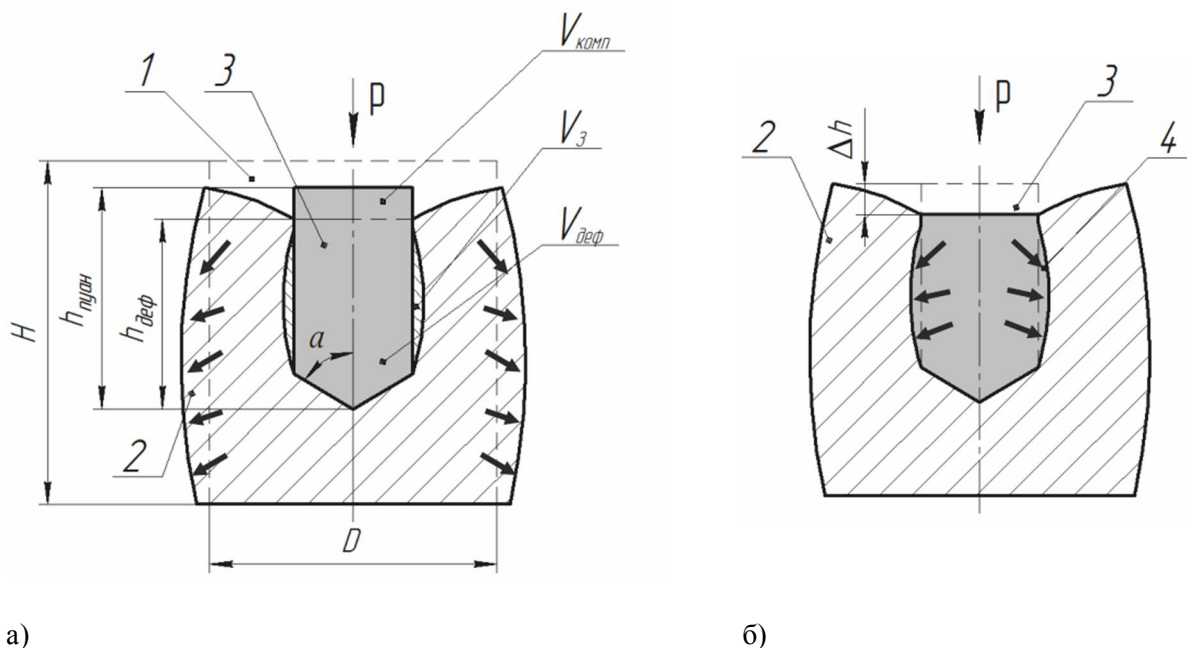


Рисунок 3 – Схема процесса восстановления изношенного элемента детали прошивкой разовым пуансоном

Восстановление деталей прошивкой разовым пуансоном длиной $h_{пун}$ состоит из следующих стадий. Вначале, внедрением разового инструмента 3 в изношенный элемент детали 1 высотой H диаметром D на глубину $h_{деф}$, получают требуемое формоизменение изношенного элемента детали 2 (рис. 3,а). Затем полученное соединение выдерживают до потери разовым пуансоном прочностных свойств из-за нагрева теплообменом с восстанавливаемым элементом детали. Далее производят окончательное деформирование осадкой разового пуансона на величину $\Delta h = h_{пун} - h_{деф}$, который приобретает форму 4 с получением качественного неразъемного соединения с восстанавливаемым элементом детали 2 (рис. 3,б).

Проектирование разового пуансона начинают с расчёта деформирующей части пуансона. Объем деформирующей части пуансона $V_{деф}$ вычисляется исходя из следующего условия (данное условие используется при проектировании многоразового пуансона):

$$V_{деф} \geq V_{из} + V_{м.о.} + V_{уг.}, \quad (1)$$

где $V_{из}$ - объем износа восстанавливаемого элемента детали; $V_{м.о.}$ - объем механической обработки после восстановления $V_{уг.}$ - объем потерь металла на угар.

Следующим шагом при проектировании является расчет объема $V_{\text{комп.}}$, за счет которого компенсируется зазор объемом V_3 между пуансоном и восстанавливаемым элементом детали на последней стадии восстановления прошивкой за счет деформирования разового пуансона. Таким образом, условие (1) для расчета объема разового пуансона $V_{\text{пуан}}$ дополнится и запишется как:

$$V_{\text{пуан}} \geq V_{\text{деф.}} + V_{\text{комп.}} \quad (2)$$

Относительная величина объема металла пуансона $\theta = \frac{V_3}{V_{\text{деф}}} \cdot 100\%$, необходимая для компенсации зазора вычисляется с помощью полученного в результате исследований уравнения регрессии:

$$\theta(d, h, \alpha) = 19,577 \cdot d + 0,143 \cdot \alpha - 11,562 \cdot h, \% \quad (3)$$

где d – диаметр пуансона; α – угол у основания пуансона (рис 3,а); $h = h_{\text{деф}}$ – глубина внедрения.

Уравнение (3) было получено в результате моделирования в Deform-2D процесса прошивки с варьированием указанных факторов на четырех уровнях: $d = 0.3; 0.4; 0.5; 0.6D$; $h = 0.2; 0.4; 0.6; 0.8H$; $\alpha = 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$

Так как $V_{\text{комп.}} = V_3 = \frac{\theta \cdot V_{\text{деф.}}}{100\%}$, то условие (2) примет вид:

$$V_{\text{пуан}} = V_{\text{деф.}} + V_{\text{комп.}} = V_{\text{деф.}} \cdot \frac{(100 + \theta)}{100\%} \quad (4)$$

Для случая цилиндрического пуансона $V_{\text{пуан}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} h_{\text{пуан}}$ и $V_{\text{деф.}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} h_{\text{деф.}}$, подстановкой

в (4) получаем: $h_{\text{пуан}} = h_{\text{деф.}} \frac{(1 + \theta)}{100\%} \quad (5)$

Прочностные характеристики, необходимые для получения требуемого формоизменения при прошивке разовым пуансоном, обеспечиваются за счет существенной разности температур пуансона (комнатная температура) и деформируемой заготовки (в интервале ковочных температур) в начальный момент прошивки.

Требуемые усилия для внедрения разового пуансона зависят от формы его торца. В связи с этим при открытой прошивке наиболее рационально использование конической формы пуансона, так как такой пуансон обеспечивает наименьшую осадку восстанавливаемого элемента детали при меньших деформационных усилиях. Для восстановления элемента детали закрытой прошивкой наиболее рациональной, с точки зрения наименьших усилий деформирования, является плоская форма торца внедряемого разового пуансона.

Для достижения требуемых эксплуатационных свойств после восстановления геометрических параметров детали подвергают термической или термомеханической обработке.

REFERENCES

1. Шibaков В.Г., Панкратов Д.Л. Реновация деталей пластической деформацией. - М.: Изд-во "Машиностроение", 2000. 219с.
2. Панкратов Д.Л. Совершенствование методов проектирования технологических процессов восстановления деталей пластическим деформированием: автореф. дис. ... доктора. тех. наук: 05.02.09 / Д.Л. Панкратов; – Ижевск., 2010 – 35 с.
3. Штампы для горячего деформирования металлов. Под. ред. М.А. Тылкина. Учеб.пособие для вузов. М., "Высш. школа", 1977. 496с. с ил.