

Определение волокнистого строения в поковках типа стержня с полусферическим фланцем

Сидоров А.А., Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

Аннотация

Проведено исследование волокнистого строения поволоков типа стержня с полусферическим фланцем, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Дан анализ двух различных схем получения таких поволоков и влияние каждой из этих схем на волокнистое строение. Получены картины волокнистого строения поволоков при компьютерном моделировании в программном комплексе [DEFORM-3D](#) при различных соотношениях размеров полусферы и относительной высаживаемой длины.

Осесимметричные поковки для деталей типа стержня с утолщением, представляют собой распространенный вид поволоков, используемых в машиностроении.

К ним относятся поковки полуосей автомобилей, валиков коробок передач, валов и коленчатых валов с фланцем. Классификация осесимметричных поволоков типа стержня с утолщением рассмотрена в [1].

Одним из видов таких поволоков являются поковки типа стержня с полусферическим фланцем (рис.1).

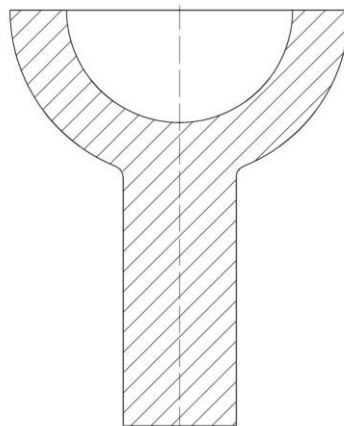


Рис. 1 Поковка типа стержня с полусферическим фланцем

Детали, изготавливаемые из этих поволоков, применяют в автомобильной, приборостроительной и авиационной отраслях промышленности в конструкциях различного рода шарниров (в частности как основа шаровой опоры). Эти детали являются ответственными деталями машин, при выходе из строя которых может произойти авария.

При эксплуатации эти детали подвергаются действию сил трения скольжения, приводящих к изнашиванию рабочей контактной поверхности шаровой опоры. При этом возникают высокие динамические и повторно-переменные нагрузки в месте перехода от стержня детали к фланцу. Поэтому необходимо получить детали с наиболее высокими показателями предела выносливости в нагруженных зонах. Ранее было установлено, что значительное влияние на показатели выносливости материала оказывает его макроструктура, в частности направление волокон. В работе [2] были сформулированы основные требования к макроструктуре осесимметричных поволоков с утолщением:

- симметричность расположения волокон макроструктуры;
- плавность волокон макроструктуры;
- повторение волокнами макроструктуры рабочего контура детали.

В данной работе рассмотрен вопрос о влиянии, различных схем получения поковки типа стержня с полусферическим фланцем на картину ее волокнистого строения.

Формирование полусферы осуществляют двумя способами: вытяжкой из плоского фланца с большим отношением диаметра к высоте (D к H) и обратным выдавливанием из

плоского фланца с малым отношением диаметра в высоте. Схемы процессов показаны на рис.2 и рис.3.

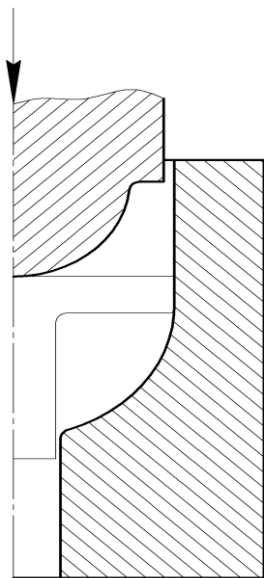


Рис. 2 Схема вытяжки полусферы из плоского фланца с большим D/H

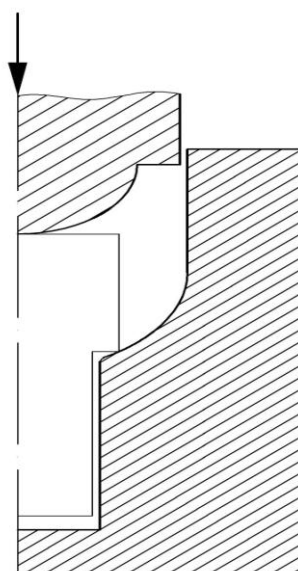


Рис. 3 Схема обратного выдавливания полусферы из плоского фланца с малым D/H

Соотношение размеров полусферы (радиусов внешнего R и внутреннего r), объема (V) и диаметра стержня (d) весьма разнообразны. В дальнейшем, задача состоит в том, чтобы дать возможность определения макроструктуры для большинства соотношений размеров R ,

d , r . Объем полусферы $V = \frac{2}{3} \pi (R^3 - r^3)$. Вместе с тем этот объем равен объему высаживаемой

части стержня с диаметром d и длиной высадки l_v (Объем высадки равен $V_v = \frac{\pi d^2}{4} l_v$). Задача

сводится к тому, чтобы найти расположение волокон при большинстве соотношений R/r и $\psi = l_v/d$. Величина R , при заданном значении r определяется объемом высадки (величиной ψ). Удобнее от отношения R/r перейти к отношению $2r/d$ в связи с тем, что диапазон разброса этого соотношения больше.

Для установления предпочтительной схемы формирования полусферы, с точки зрения волокнистого строения поковки, было проведено компьютерное моделирование в программном комплексе для моделирования процессов обработки металлов давлением, термической обработки и обработки резанием [DEFORM-3D](#).

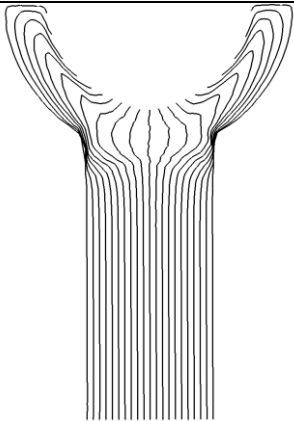
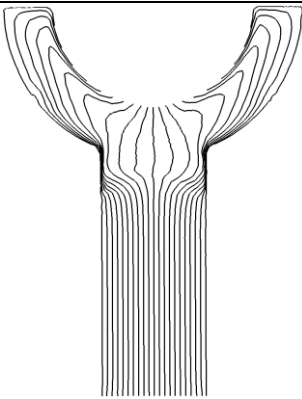
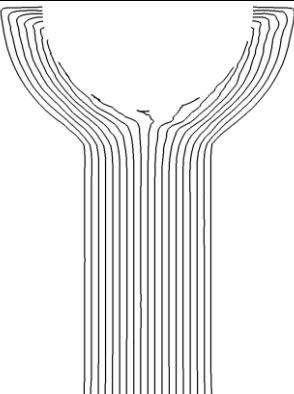
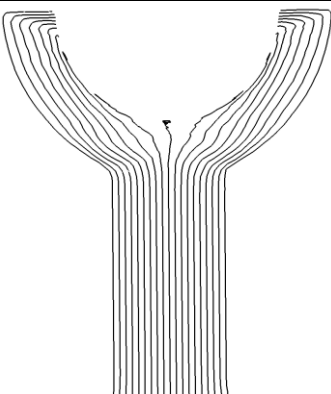
Для анализа распределения волокон по конфигурации поковки использовали вертикальные Лагранжевы линии (функция flow net), которые отражают волокнистое строение поковки и «деформируются» одновременно с поковкой. Исходными данными для моделирования послужили:

- конструкция штампа
- кривые упрочнения стали 20
- условия трения (закон трения Зибеля)
- скорость деформирования
- температура

В результате получены картины волокнистого строения поволоков при различных соотношениях размеров полусферы ($2r/d=1,6; 1,9$) и относительной высаживаемой длины ($\psi=1,5; 5,4$). Величина относительной высаживаемой длины ψ определяет количество предварительных переходов, предшествующих окончательному формированию полусферического фланца. Так, например, для осуществления формирования

полусферического фланца при $\psi=5,4$ необходимо осуществить два предварительных наборных перехода (формирование конуса), затем, для схемы, изображенной на рис. 2, – формирование фланца с последующей вытяжкой, а для схемы, изображенной на рис. 3, – окончательное формирование полусферического фланца.

Ниже показана картина волокнистого строения для обеих схем получения полусферы (таблица 1):

Таблица 1	
Вытяжка полусферы из плоского фланца с большим D/H	
$2r/d=1,6 \quad \psi=2,5 \quad (D/H=4,7)$	$2r/d=1,9 \quad \psi=5,4 \quad (D/H=4,3)$
	
Обратное выдавливание полусферы из плоского фланца с малым D/H (D/H=1)	
$2r/d=1,6 \quad \psi=2,5$	$2r/d=1,9 \quad \psi=5,4$
	

Из таблицы видно, что определить какая из двух схем является предпочтительной, с точки зрения картины волокнистого строения, затруднительно. С одной стороны, вытяжка полусферы из плоского фланца дает плавное распределение волокон во фланце и равномерный выход волокон на рабочую поверхность фланца, но при этом спутанность волокон в месте перехода от стержня к фланцу. С другой стороны, обратное выдавливание полусферы из плоского фланца, наоборот, дает плавное распределение волокон в месте перехода от стержня к фланцу, но неравномерный выход волокон на рабочую поверхность фланца. В этой связи, окончательный выбор картины волокнистого строения в поковках типа стержня с полусферическим фланцем, а соответственно и способ формирования фланца, зависит от конкретного назначения конечной детали и условий ее эксплуатации.

В таблицах 2 и 3 приведены картины волокнистого строения поковки, полученной на ГКМ первым (вытяжкой из фланца) и вторым (обратным выдавливанием) способами соответственно, для различного соотношения внутреннего диаметра полусферы и диаметра исходной заготовки ($2r$ и d) и относительной высаживаемой длины (ψ).

Таблица 2

Вытяжка полусферы из плоского фланца с большим D/H

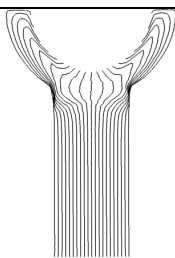
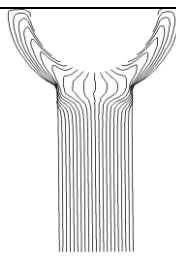
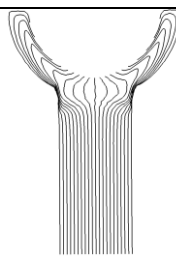
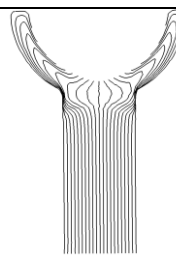
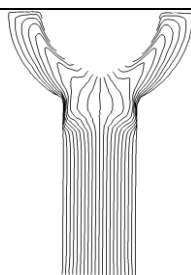
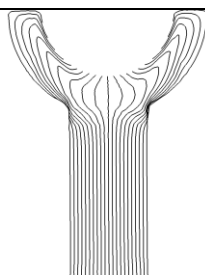
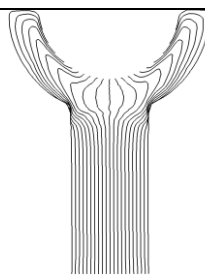
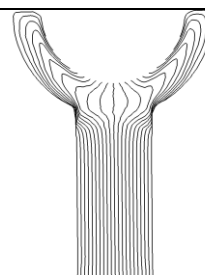
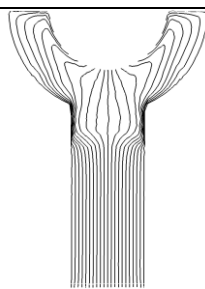
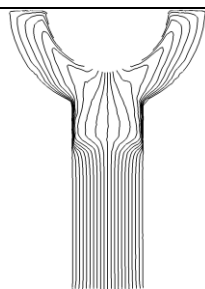
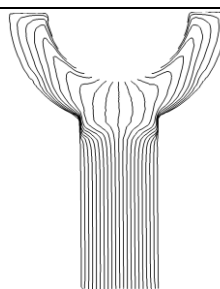
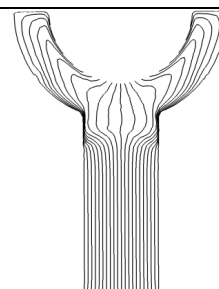
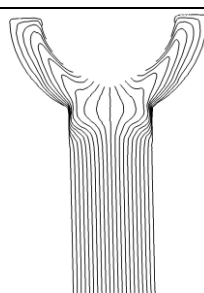
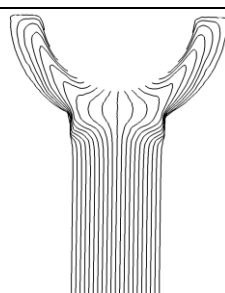
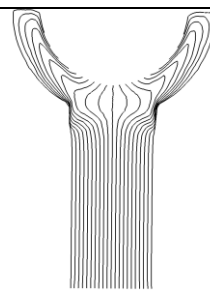
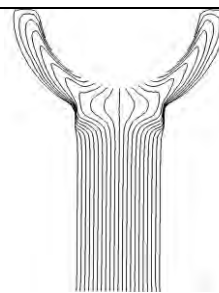
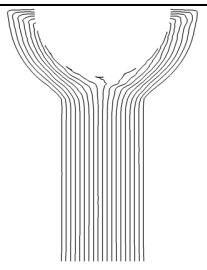
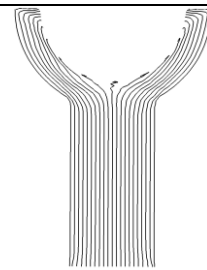
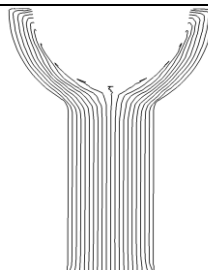
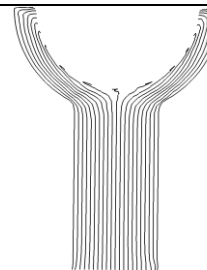
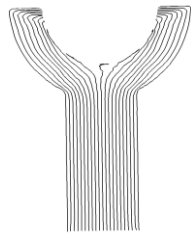
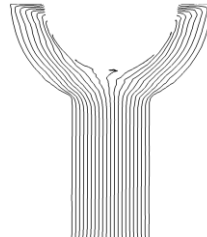
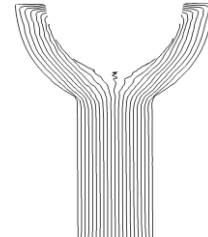
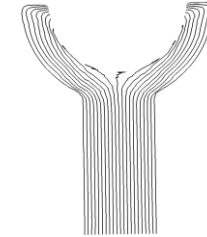
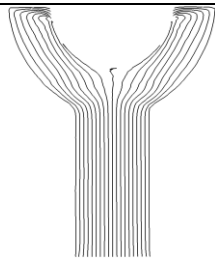
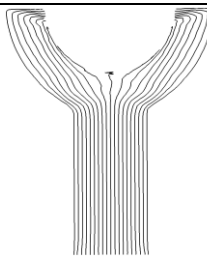
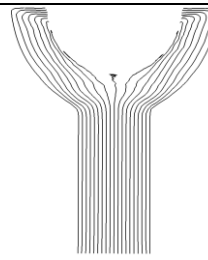
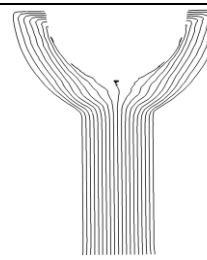
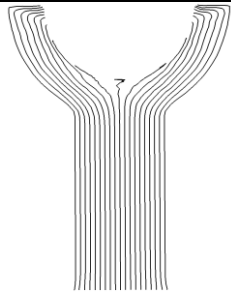
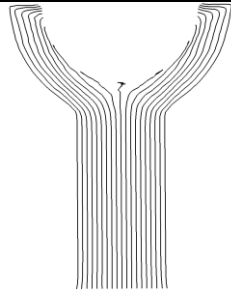
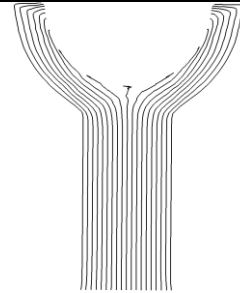
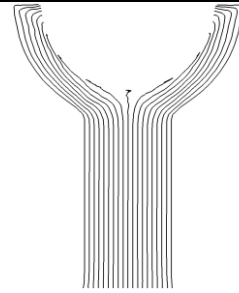
 $\psi=2,5$ $2r/d=1,6$  $2r/d=1,7$  $2r/d=1,8$  $2r/d=1,9$  $\psi=4$ $2r/d=1,6$  $2r/d=1,7$  $2r/d=1,8$  $2r/d=1,9$  $\psi=5,4$ $2r/d=1,6$  $2r/d=1,7$  $2r/d=1,8$  $2r/d=1,9$  $\psi=3,5$ $2r/d=1,6$  $2r/d=1,7$  $2r/d=1,8$  $2r/d=1,9$ 

Таблица 3

Обратное выдавливание полусферы из плоского фланца с малым D/H (D/H=1)			
$\psi=2,5$			
$2r/d=1,6$	$2r/d=1,7$	$2r/d=1,8$	$2r/d=1,9$
			
$\psi=4$			
$2r/d=1,6$	$2r/d=1,7$	$2r/d=1,8$	$2r/d=1,9$
			
$\psi=5,4$			
$2r/d=1,6$	$2r/d=1,7$	$2r/d=1,8$	$2r/d=1,9$
			
$\psi=3,5$			
$2r/d=1,6$	$2r/d=1,7$	$2r/d=1,8$	$2r/d=1,9$
			

Пример использования таблиц:

Возьмём деталь с внутренним диаметром сферы $2r = 70$ мм, диаметром стержня $d = 40$ мм. Отношение диаметра фланца к высоте: $2r/d = 1,75$.

Установив $I_b = 158$ найдем относительную высаживаемую длину $\psi = I_b/d = 3,95$. По этим параметрам, из формулы для объема полусферы можно получить значения внешнего радиуса этой полусферы.

По таблицам, используя отношение размеров фланца $2r/d$ и относительную высаживаемую длину ψ , выбираем картину с волокнистым строением, которое является более подходящим для режима работы конечной детали.

Выводы:

1. Проведено исследование волокнистого строения поковок типа стержня с полусферическим фланцем, штампуемых на ГКМ, методом компьютерного конечно-элементного моделирования с помощью программы [DEFORM-3D](#).
2. Получена картина волокнистого строения поковок, получаемых вытяжкой полусферы из плоского фланца с большим D/H и обратным выдавливанием полусферы из плоского фланца с малым D/H , для различного соотношения внутреннего диаметра полусферы и диаметра исходной заготовки ($2r$ и d) и относительной высаживаемой длины (ψ).
3. Выбор способа формирования фланца (вытяжкой или обратным выдавливанием) в поковках типа стержня с полусферическим фланцем должен делаться с учетом конкретного назначения конечной детали и условий ее эксплуатации.

Литература

1. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./ Ред. Совет: Е.И. Семенов и др.– М.: Машиностроение, 1986. – Т.2. Горячая штамповка / Под ред. Е.И. Семенова. - 592с.
2. Зиновьев И.С. Исследование формоизменения и волокнистого строения при наборной посадке: Дис. канд. техн. наук. - М., 1973. - 220 с.