

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЛИТКА ПРИ КОВКЕ НА ЧЕТЫРЕХЛЕПЕСТКОВУЮ ЗАГОТОВКУ

Представлено теоретичний аналіз напружений-деформованого стану злитка при обтисканні вирізними профільованими бойками. Завдання вирішене МКЕ за допомогою програми Qform. Кут вирізу бойків прийнятий 120°. Відносна подача складала 1, а співвідношення D_{inc} / D_{zag} змінювалося в межах 0,6; 0,8; 1,0 при мірі обтискання 7; 14; 21 %. Встановлено, що вогнища деформації при прокладенні навантаження утворюються по рівномірно контактуючих зонах заготовки з опуклостями інструменту. Показано, що із збільшенням D_{inc} / D_{zag} від 0,6 до 1,0 інтенсивність опрацювання металу зростає. При цьому рівень стискувальної напруги в центрі поковки досить великий, що дозволяє заварити внутрішні дефекти в злитку.

The theoretical analysis of the tense-deformed state of bar is presented at wringing out the carved profiled firing-pins. A task is decided MKE by the program Qform. Is the corner of cut of firing-pins accepted 120. Relative flow was 1, and the ratio of D_{tool} / D_{work} varied in the range of 0,6; 0,8; 1,0 with the degree of compression 7; 14; 21 %. It was found that the strain at paving the load is formed by evenly contact zones of billets with bulges tool. It is shown, that with increase in D_{tool} / D_{work} from 0.6 to 1.0 intensity of metal increases. At the same time the level of compressive stresses in the centre of forgings is large enough, that allows you to brew internal defects in the crystal.

Ковка слитков относится к трудоемким технологическим процессам. В то же время требуется улучшить качество крупных поковок. Совершенствование формы кузнечных слитков – одно из перспективных направлений повышения эффективности кузнечного производства. Исследования в этом направлении позволили создать новую форму литого трехлепесткового слитка [1] и доказать эффективность его промышленного применения [2, 3, 4]. В частности, было установлено, что при ковке слитка трехлучевой формы обеспечивается лучшая проработка металла осевой зоны поковки, особенно при небольших уковах (1,2÷1,5) вследствие локализации деформации в этой зоне при протяжке. По результатам этих исследований разработана технологияковки из трехлучевого слитка поковок типа валов без промежуточной осадки [3]. Однако, изготовление литого трехлучевого слитка требует специальных изложниц, что с экономической точки зрения не всегда целесообразно [5].

Нами была разработана конструкция бойков, позволяющая ковать слиток на трехлепестковую [5] и четырехлепестковую [6] заготовку.

Целью настоящей работы было проведение теоретического анализа напряженно-деформированного состояния слитка при ковке на четырехлепестковую заготовку. Угол выреза профилированных бойков был принят равным 120°. Относительная подача составляла – 1. Соотношение диаметров выпуклостей на бойках и диаметра заготовки составляло $D_{inc} / D_{zag} = 0,6; 0,8; 1,0$. Степень обжатия назначалась равной 7; 14; 21 %. На рис. 1 представлена схема обжатия заготовки вырезными профилированными бойками. Задача решалась методом конечных элементов (МКЭ) с помощью программы Qform (лицензия ДГМА № u1221).

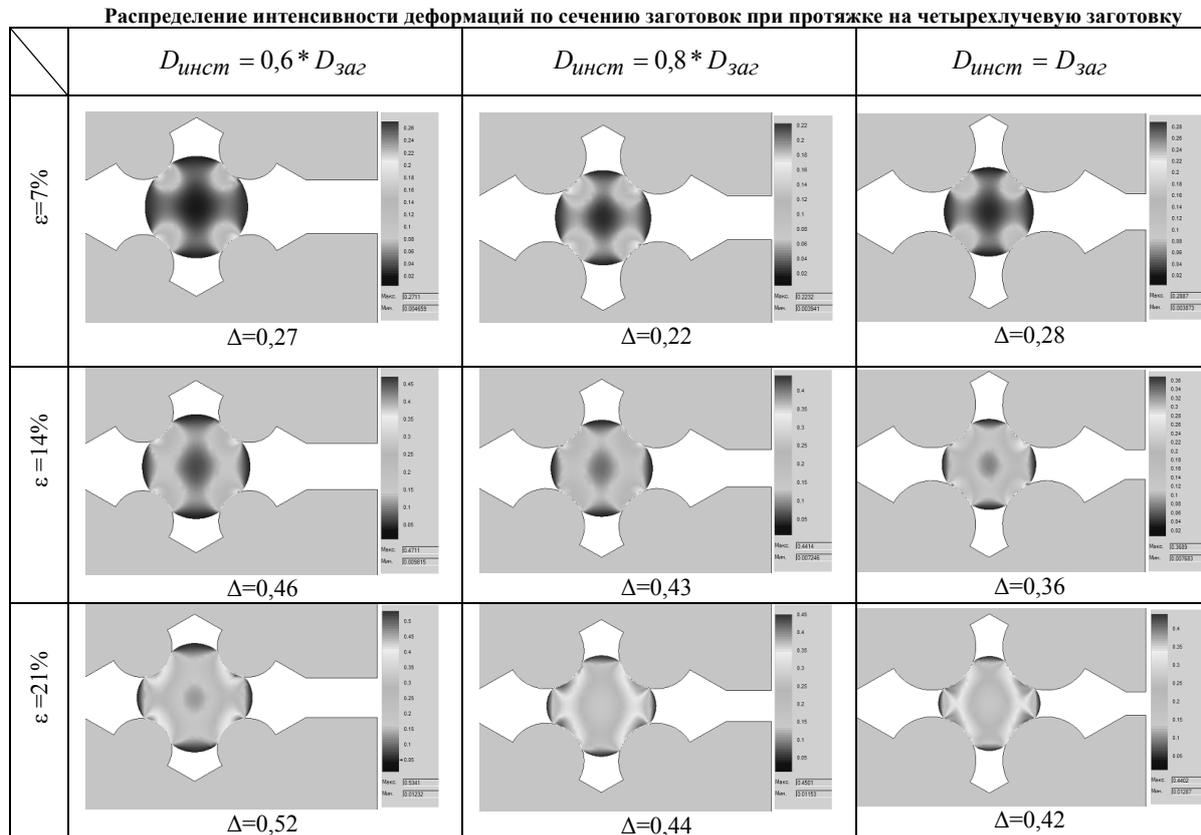
В табл. 1 представлены изменения интенсивности деформации в зависимости от изменения профиля обжатой заготовки ($\varepsilon = 7; 14\%; 21\%$) и различного соотношения диаметров инструмента и заготовки.

Протяжка на четырехлучевую заготовку при $D_{inc} / D_{zag} = 0,6$.

При протяжке вырезными профилированными бойками на четырехлучевую заготовку, очаги деформации при прикладывании нагрузки образуются по равномерно контактирующим зонам заготовки с выпуклостями инструмента. При степени деформации 7 % показатели логарифмической деформации равномерно одинаково накапливаются под бойками и не превышают $e = 0,15$. Зоны в направлении от оси слитка как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении к периферии заготовки интенсивность деформации практически отсутствует. Очаги деформации от инструмента не достигают центральной осевой зоны заготовки, поэтому осевая зона не деформируется. Максимальные логарифмические деформации накапливаются на контакте заготовки с выпуклостями на бойках $e_{max} = 0,27$. При увеличении степени обжатия заготовки, очаг деформации распространяется от верхнего бойка к нижнему, а не симметрично в стороны каждого выступа бойка. Это вызвано тем, что горизонтальный зазор между верхними и нижними выступами уменьшается при увеличении степени обжатия. В вертикальной плоскости зазор остается постоянным. Центральная зона заготовки практически не прорабатывается, как и свободные периферийные зоны заготовки. При дальнейшем обжатии профилированными бойками, очаг деформации распространяется практически по всей поперечной плоскости заготовки. При этом зоны интенсивного накопления деформации проходят вокруг оси, постепенно изменяясь к центру. Вокруг осевой зоны просматривается равномерное распределение логарифмической деформации $e \approx 0,35$. В центре интенсивность деформаций меньше и составляет $e = 0,15-0,2$. Непродеформированными остаются зоны, не контактирующие с поверхностями выступов

інструмента, причем в горизонтальному напрямленні зони немого менше, чем в вертикальному. Это объясняется деформацией вытесняющего металла в полость по горизонтали между выпуклостями на бойках. Увеличение числа выступов до четырех приводит к увеличению неравномерности распределения деформаций по сравнению с трехлучевой протяжкой на 0,06 единиц. Это объясняется более жесткой схемой напряженного состояния, которое характерно для данной, схемы, вследствие уменьшения размеров зазоров для истечения металла. Общая площадь очага деформации составляет около 85 %, что выгодно отличает данную схему от схемыковки трехлучевой заготовки.

Таблица 1



Протяжка на четырехлучевую заготовку при $D_{инст} / D_{заг} = 0,8$.

При начальных этапах по сравнению с предыдущей схемой процесс деформирования практически не изменяется. При степени деформации 21 % ярко выражены увеличения зон с максимальной интенсивностью деформаций от контакта заготовки с выпуклостями в глубь заготовки в вертикальном направлении ($e_{max} = 0,45$). Накопленные деформации в осевой, зоне заготовки, как и в предыдущей схеме, составляют $e = 0,15$. Неравномерность деформаций ($\Delta = e_{max} - e_{min}$) составляет $\Delta = 0,44$. Объемы недеформированных зон значительно уменьшились, прореформированная зона по поперечному сечению составляет примерно 90 %. Неравномерность деформации, по сравнению с протяжкой при $D_{инст} / D_{заг} = 0,6$ уменьшается, вследствие уменьшения зазора между выступами бойков при увеличении радиуса бойков.

Протяжка на четырехлучевую заготовку при $D_{инст} / D_{заг} = 1$.

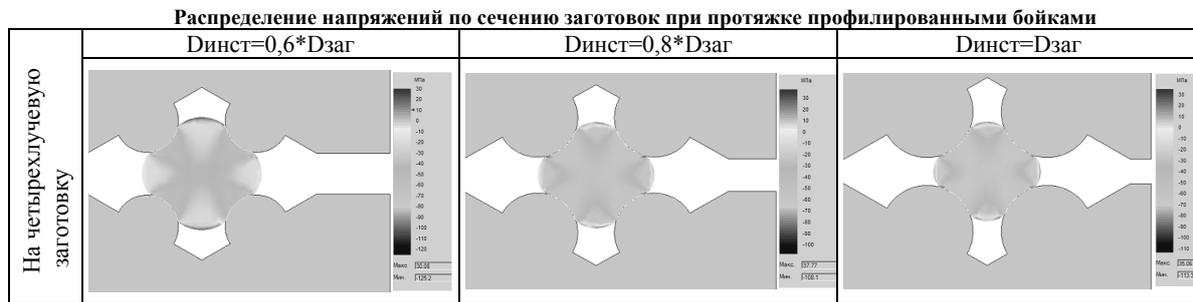
На начальных этапах обжатия интенсивно растет объем очага деформации со степенью проработки $e = 0,16$ под выступами бойков. При деформации на 14 % практически по всей плоскости очага деформаций преобладает логарифмическая деформация порядка $e = 0,18-0,22$. Дальнейшее обжатие заготовки ведет к росту зон максимальной деформаций под влиянием обжима металла встречными выпуклостями бойков ($e = 0,44$) при одновременном повышении неравномерности распределения деформаций до $\Delta = 0,42$. Однако это соотношение размеров заготовки и радиусов выступов обеспечивает минимальную неравномерность по сравнению с предыдущими схемами. Площадь сечения заготовки, где интенсивная проработка металла составляет 95 %. Большая площадь очага деформации и низкий (для рассматриваемых трех схем) верхний порог деформаций свидетельствует о высокой равномерности распределения деформаций по сечению заготовки.

Характер распределения напряжений.

Возникающие в процессе протяжки профилированными бойками внутренние и поверхностные напряжения могут привести как к дефектообразованию в заготовке, так и завариванию внутренних дефектов. Это зависит от уровня этих напряжений и их знака. Ниже рассмотрено напряженное состояние при деформировании цилиндрической заготовки вырезными профилированными бойками, представленное в табл. 2. В заготовке возникают как сжимающие, так и растягивающие напряжения. Опасными являются вторые, так как именно они

приводят к трещинообразованию. Сравнивая предел прочности для данного материала и максимальные растягивающие напряжения можно судить о разрушениях при протяжке профилированными бойками.

Таблица 2



Протяжка на четырехлучевую заготовку отличается ярко выраженной областью распространения максимальных сжимающих напряжений от внедряющихся выпуклостей в тело слитка. Они составляют 50 МПа, 60 МПа и 70 МПа при соотношениях $D_{инс} / D_{заг} = 0; 0,6; 0,8; 1$ соответственно. Области растягивающих напряжений минимальны. При увеличении соотношения $D_{инс} / D_{заг}$, растягивающие напряжения сначала увеличиваются от 30 МПа до 37 МПа, а затем уменьшаются до 35 МПа. Во всех схемах растягивающие напряжения не превышают предельные, что говорит о деформировании без разрушений. Так при обжатии заготовки более 14 % в сечении четко прослеживается образование фронта напряжений между противоположными выступами бойков, уровень сжимающих напряжений составляет примерно 60-80 МПа. Этот фронт проходит через осевую зону слитка и обеспечивает появление достаточных сжимающих напряжений, что позволяет заварить существующие там пустоты и рыхлости.

Выводы.

1. Анализом напряженно-деформированного состояния, выполненного методом конечных элементов, установлено, что ковка слитка на четырехлепестковую заготовку позволяет достаточно интенсивно проработать дефектную осевую зону поковки.

2. На основе исследований различных технологических факторов на характер распределения деформаций и напряжений обосновано, что обжимать слиток следует на 21-23 % с соотношением характерных параметров $D_{инс} / D_{заг} = 1$, обеспечивающих сосредоточенную деформацию в осевой зоне поковки.

Список литературы

1. А.с. 276707 (СССР).
2. Тюрин В.А. Особенностиковки трехлучевой заготовки / В.А. Тюрин, С.А. Балугев // Известия вузов. Черная металлургия. – 1978. – № 5. – С. 104.
3. Тюрин В.А. Новая технологияковки валов из трехлучевого слитка / В.А. Тюрин, С.А. Балугев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1979. – № 8. – С. 9-11.
4. Потапов А.И. Исследование качества металла поковок из удлиненных слитков трехлучевой формы поперечного сечения / А.И. Потапов, В.П. Волков, З.И. Итин // Кузнечно-штамповочное производство. – 1984. – № 6. – С. 23-25.
5. Соколов Л.Н. Состояние и развитие технологииковки крупных слитков / Л.Н. Соколов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1985. – № 8. – С. 21-23.
6. Тюрин В.А. Инновационные технологииковки / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2006. – № 5. – С. 27-29.
7. Тюрин В.А. Инновационные технологииковки с применением макросдвигов / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2007. – № 11. – С. 11-20.
8. Пат. 50412 Україна, В21J 5/00. Пристрій для протяжки поковок / Б.С. Каргін, С.Б. Каргін, А.В. Тітаренко, Р.І. Тихоненко, Н.В. Семенова; заявник і патентовласник ПДТУ. – № u20091274; заявл. 13.11.2009; опубл. 10.06.2010, Бюл. № 11.
9. Пат. 52289 Україна, В21J 5/00. Пристрій для ковальської протяжки / Б.С. Каргін, С.Б. Каргін, В.В. Кухар, Р.І. Тихоненко; заявник і патентовласник ПДТУ. – № 201000628; заявл. 22.01.2010; опубл. 25.08.2010, Бюл. №16. – 2 с.