

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ПРЕССОВЫХ ИГЛ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

THERMAL BOUNDARY CONDITIONS CHANGE OF MANDREL WORKING IN PRODUCTION OF TUBE ARTICLES FROM ALUMINUM ALLOYS

Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, unl@mtf.ustu.ru

ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод»

Research of change of thermal boundary operating conditions of extrusion piercing in production of aluminum alloys tubes is performed. Conclusions are drawn on influence of temperature fields of a piercing on parameters of extrusion and properties of the extruded pipes.

В производстве крупногабаритных труб из алюминиевых сплавов широкое применение нашел способ горячего прессования полых слитков с использованием игл, позволяющий получить бесшовные трубы широкой номенклатуры, в том числе из труднодеформируемых сплавов, не подлежащих обработке другими способами. Качество труб оценивают по точности геометрических параметров, структуре, механическим свойствам, качеству поверхности и другим характеристикам в зависимости от назначения. Параметры качества изделий при прессовании зависят от качества исходного слитка, выбранных размеров инструмента, температурно-скоростных условий, условий контактного трения и силового взаимодействия инструмента и деформируемого материала.

Температурное поле прессовых игл циклически изменяется в процессе прессования, и это изменение влияет на точность размеров прессованных труб, структуру и механических свойствах. Для примера на рис.1 отображен фрагмент цикла работы прессовой установки при нанесении смазки на иглу пресса, а на рис.2 – момент вспышки нанесенной смазки. Очевидно, что тепловые условия в эти периоды работы иглы оказываются разными.

Кроме показанного воздействия температура прессовых игл циклически изменяется в процессе прессования, и это изменение влияет на точность размеров прессованных труб, структуру и механические свойства[1-8].

Целью данного исследования является описание деформационных и тепловых полей при прессовании методом решения задач теплопередачи, методом конечных элементов, экспериментальные исследования непосредственно на производственном оборудовании, а также изучение влияние термоупругого изменения размеров иглы на точность размеров прессованной трубы и влияние параметров иглы на напряженно-деформированное состояние заготовки и свойства прессызделий.



Рис.1. Тепловой режим иглы пресса: отсутствие открытого пламени при нанесении смазки



Рис.2. Тепловой режим иглы пресса: воспламенение смазки

На рис.3 отображен характер связей различных явлений, возникающих при эксплуатации прессовых игл. Из приведенной блок-схемы следует, что влияние состояния иглы распространяется вплоть до структурного состояния прессуемого материала[9]. Не все параметры состояния иглы удастся контролировать и поддерживать в производственном процессе. До сих пор не решенной является проблема стабилизации температуры и размеров прессовых игл.

В исследовании применяли методы аналитических расчетов методом конечных элементов для определения контактных условий, возникающих на поверхности иглы в стадии распрессовки слитка в контейнере. Для исследования параметров эксплуатации игл в производственных условиях сконструирована и применена в опытах экспериментальная оснастка, изображенная на рис.4.

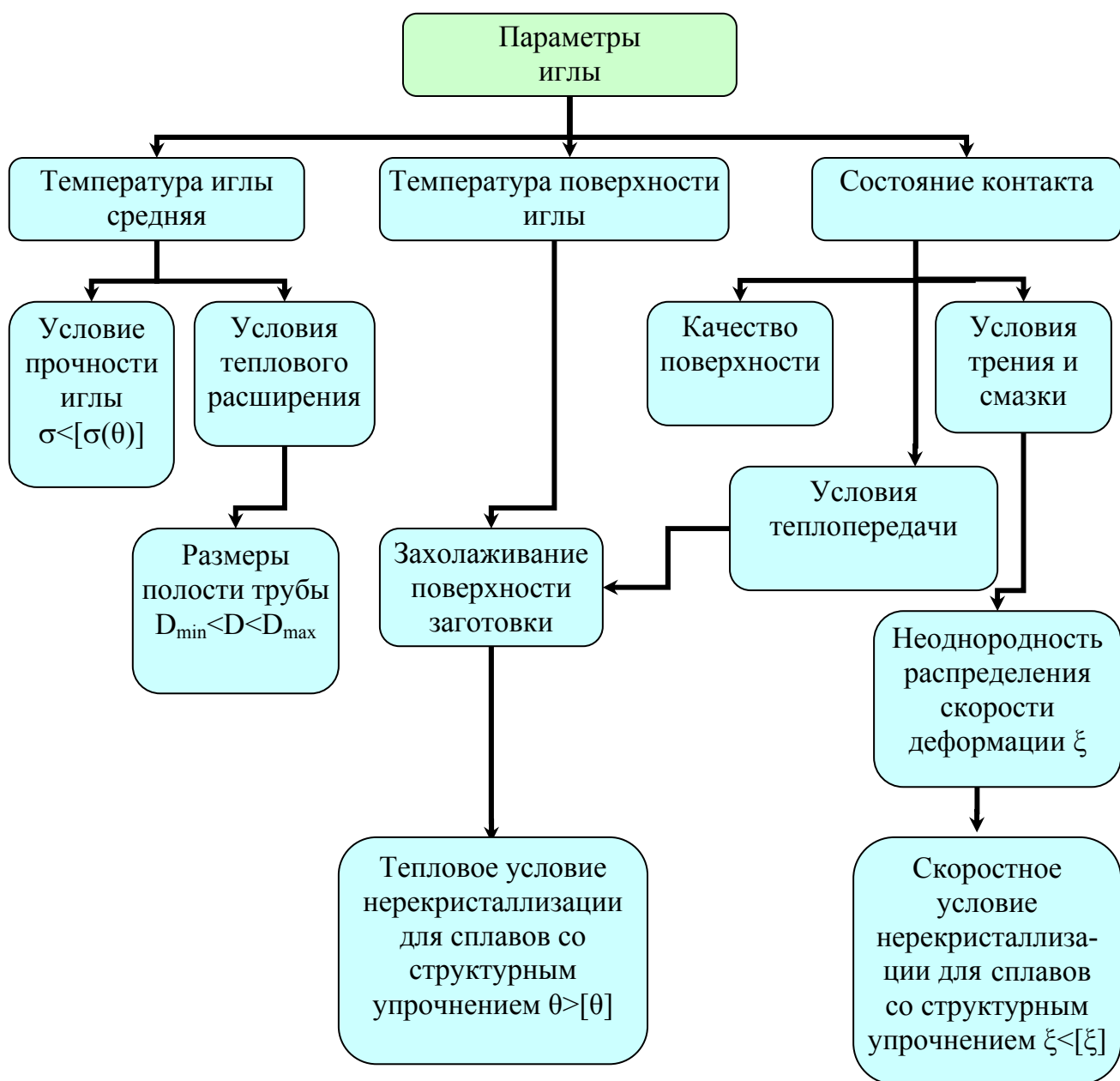


Рис.3. Характер связей, возникающих при эксплуатации прессовых игл

На этом же рисунке представлены графики изменения тепловых полей в прессовой игле на одной из стадий цикла прессования. В целом по работе удалось сформулировать следующие выводы.

1. Установлено, что температурное поле крупных прессовых игл циклически изменяется в

процессе прессования и это изменение значимым образом сказывается на точности прессованной продукции и механических свойствах.

2. С помощью аналитического решения дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности установлены темпы прогресса и охлаждения крупных прессовых игл.

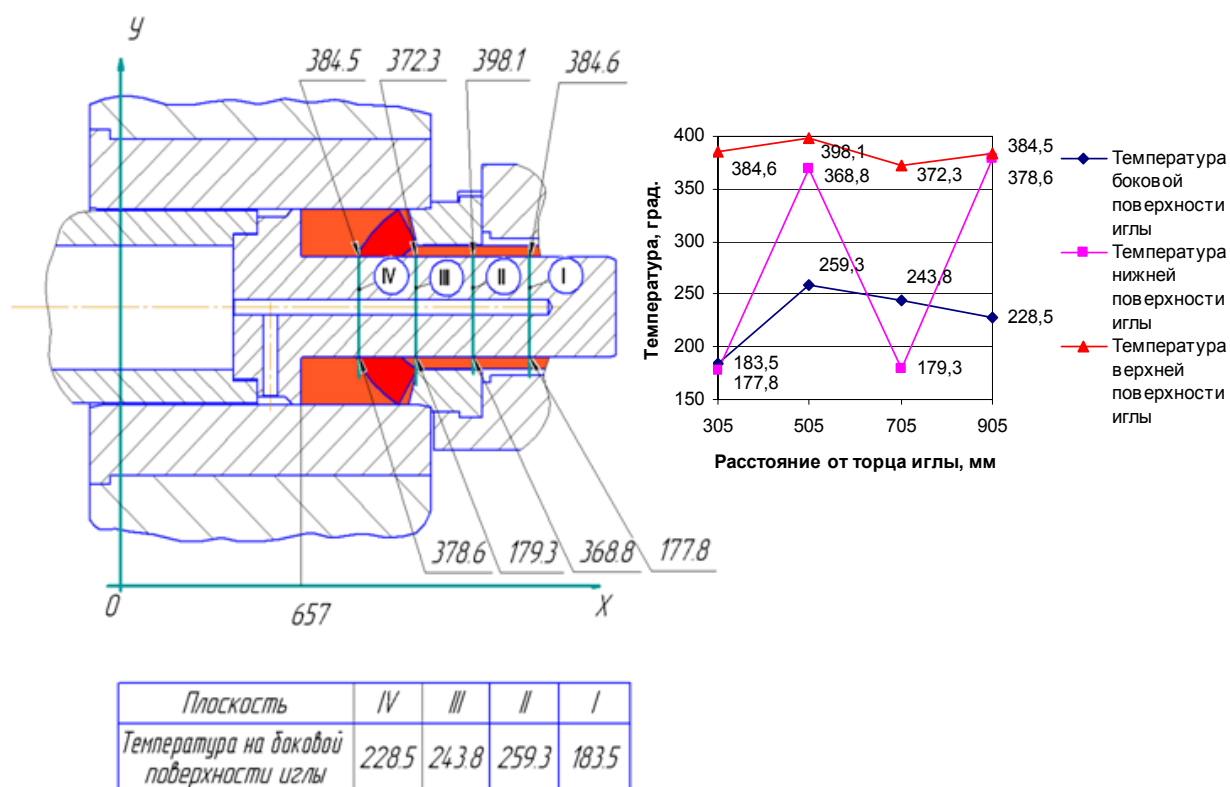


Рис.4. Экспериментальная оснастка и распределение температур (°C) на поверхности иглы после выдавливания 1/2 части заготовки

В результате выполнения исследования получены следующие результаты.

3. Показано, что нагрев крупных прессовых игл за счет конвективного обмена от тепла контейнера является медленным, малоэффективным и не приводит к полному выравниванию температур инструмента в реально допустимых временных интервалах. Полученные решения подтверждены постановкой и проведением промышленного эксперимента, где показано, что результатом недостаточного прогрева иглы на стадии подготовки инструмента являются колебания размеров готового пресс-изделия.

4. Методом конечных элементов рассчитано температурное поле прессовой иглы во время теплопередачи от деформируемой заготовки.

3. Сконструирована, изготовлена и опробована экспериментальная оснастка для измерения температурного поля прессовой иглы в промышленных условиях прессования. Получены опытные данные о распределении температур иглы в промышленных условиях, сравнение расчетных и опытных данных показало хорошую сходимость.

5. Выявлено, что характер изменения температуры верхней и нижней поверхностей иглы несимметричен и зависит от условий стадии распрессовки, кроме того, изменение температуры немонотонно вдоль осевой координаты.

6. Методом конечных элементов решена задача распрессовки, в результате чего показано, что стенки полого слитка на этой стадии

подвергаются деформациям изгиба, а поверхности могут не являться контактными по отношению к прессовому инструменту, что локально затрудняет теплоотвод и объясняет не монотонность изменения температур. Установлено, что результатом неравномерного теплоотвода на стадии распрессовки может являться неоднородность теплового поля слитка.

8. Определено температурное поле прессовой иглы при конвективном теплообмене во время выполнения вспомогательных операций, в результате чего установлено относительно малое влияние этого периода времени на изменение температурного поля.

9. Изучено влияние термоупругого изменения размеров иглы на точность размеров прессованной трубы, в результате чего показано, что колебания размеров значимы и соизмеримы с пределами допусков, задаваемыми нормативными документами на продукцию.

10. Уточнена методика оценки напряженного состояния иглы, при этом показано, что это уточнение приводит к достижению более высоких эквивалентных напряжений, это позволяет объяснить случаи обрыва игл во время прессования.

11. На основе представлений о течении вязкой жидкости выполнена оценка поведения смазки при ее нанесении на иглу и при прессовании. Показана неоднородность распределения смазки на контактных поверхностях.

12. На основе решения задачи прессования методом конечных элементов установлено неравномерное распределение скоростей деформации между иглой и формообразующей поверхностью матрицы. Выявлено существование зоны повышенных скоростей деформации вблизи наружной поверхности готовой трубы.

13. Выполнены измерения механических свойств алюминиевого сплава внутреннего и внешнего контуров трубы, отпрессованной в промышленных условиях. Выполнена математическая обработка результатов измерений, которая показала статистически значимое снижение характеристик на наружном контуре, что объяснено эффектом повышения скорости деформации, снижением значения температуры начала рекристаллизации и частичной потере эффекта структурного упрочнения[12].

14. Предложена новая конструкция прессовой иглы, малочувствительная к изменению температуры[13,14]. Выполнены расчеты методом конечных элементов, которые показали уменьшение колебания размеров иглы при ее термоциклировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Влияние тепловых процессов прессования на качество прессованных трубных заготовок из алюминия и его сплавов // *Алюминий Урала-2005*, Красноуральск: БАЗ, 2005. С.157.
2. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Исследование анизотропии и неоднородности распределения механических свойств прессованных полуфабрикатов из алюминиевых сплавов // *Сб.ст. VII отчетной конф. молодых ученых ГОУ ВПО УГТУ УПИ*, Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ УПИ, 2005, Ч.1. С.127.
3. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Проблемы применения игл при прессовании трубных заготовок // *Сб.ст. VII межд. науч.-техн. конф. «Пластична деформация металів»*, Днепропетровск: Системні технології, 2005, Т.8. С.529-532.
4. Дегтярева О.Ф. Исследование факторов, влияющих при прессовании на формирование размеров внутреннего диаметра пресс-изделий из алюминиевых сплавов // *Сб. тез. докл. II науч.-техн. конф. молодых специалистов пром. предприятий стран СНГ*, Каменск-Уральский: ОАО «КУМЗ», 2005. С.11.
5. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Термоупругое формоизменение иглы при прессовании // *Современные достижения в теории и технологии пластической обработки металлов*, Санкт-Петербург, 2005г.С.368-370.
6. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Термоупругое изменение размеров иглы при прессовании // *Кузнечно-штамповочное производство*. 2005. № 8. С.9-12
7. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Упругое формоизменение иглы гидравлического пресса при термоциклировании // *Сб.ст. VIII отчетной конф. мол. уч. ГОУ ВПО УГТУ УПИ*, Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ УПИ, 2005. Ч.1. С.294.
8. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Термоупругие явления при эксплуатации прессовых игл // *Вестник УГТУ - УПИ №13 (65)*. 2005. С. 191-193.
9. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Напряженное состояние иглы при прессовании трубных заготовок // *Особенности обработки и применения изделий из тяжелых цветных металлов. Материалы Межд. науч.-практ. конф.* Екатеринбург: УрО РАН, 2006. С.298-306.
10. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф., Тулюпа О.А. Расчет температурного поля иглы прессовой установки // *Сб.ст. IX отчетной конф. мол. уч. ГОУ ВПО УГТУ УПИ*, Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ УПИ, 2006. Ч.1. С.15.
11. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Влияние стадии распрессовки полого слитка из алюминиевого сплава на параметры последующего прессования // *Кузнечно-штамповочное производство*. 2007. №7. С.37-42
12. Логинов Ю.Н., Дегтярева О.Ф. Влияние скорости деформации на эффект структурного упрочнения прессованных труб из алюминиевого сплава 6061 // *Технология легких сплавов*, 2007. №4. С.123-127.
13. Патент РФ № 2290272 на изобретение. Игла для горячего прессования металлических полых заготовок / Ю.Н. Логинов, О.Ф. Дегтярева. // *Опубл.* 27.12.06.
14. Патент РФ № 65795 на полезную модель. Инструмент для горячего прессования металлических полых заготовок / Ю.Н. Логинов, О.Ф. Дегтярева. // *Опубл.* 27.08.07.
15. Патент РФ № 67485 на полезную модель. Игла для горячего прессования металлических полых заготовок / Ю.Н. Логинов, О.Ф. Дегтярева. // *Опубл.* 27.10.07.