

УДК 621.73

В.В. КУХАРЬ, канд. техн. наук, доц., ПГТУ, г. Мариуполь, докторант
НМетАУ, г. Днепропетровск

ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГОТОВКИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ЗАДАННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУР ПО ВЫСОТЕ ПРИ ОСТЫВАНИИ НА ПЛОСКОМ ШТАМПЕ

Розглянуто можливості та перспективи градієнтного нагрівання для одержання профільованих заготовок на підготовчо-заготівельних переходах у технологіях гарячого об'ємного штампування. Проведено скінчено-елементне моделювання теплового поля при остиганні заготовок із попередньо заданим нерівномірним розподілом температур по довжині при умові контакту одним торцем із плоским штампом. Підтверджена необхідність узгодження темпу штампування та теплового стану заготовки.

Ключові слова: заготовка, нагрівання, розподіл температур, градієнт температур, остигання, штамп, об'ємне штампування.

Possibility and perspectives of gradient heating for receiving of profiled billets by preparing of shape steps in technique of hot volumetric die-forging are shown. The finite-elements simulation of temperature fields during a cooling of billets with irregularity distribution of temperatures by height is execute with condition of contact of one billet's end to flat die. The necessary in concordance of forging temp with temperature state of billet is confirmed.

Key words: billet, heating, distribution of temperature, temperature gradient, cooling, die-form, volumetric die-forging

1. Введение

Градиентный нагрев заготовок перед обработкой металлов давлением является достаточно распространенным приемом, применяемым для интенсификации формоизменения заготовок. Причем известны технологии, в которых используют как локальный прогрев определенных частей заготовки, так и неравномерный нагрев по всей её длине. Для данных целей конструируют установки высокоскоростного нагрева индукционного или контактного типов, применяют способы дифференцированного подстуживания, обеспечивающие разницу деформационных свойств металла по длине заготовки и т.п.

2. Анализ исследований и публикаций

Широкое распространение получили способы местного или дифференцированного нагрева при листовой штамповке, в частности вытяжке и отбортовке [1–4], обжиге и раздаче трубчатых заготовок [1, 4, 5]. Весьма распространенными являются случаи местного нагрева перед высадкой заготовок [6], однако для управления формоизменением при операциях объемного деформирования ковкой или штамповкой чаще всего применяют местное подстуживание [6, 7]. В последнее время обоснованы и реализованы на практике способы дифференцированного нагрева заготовок перед проведением их фасонирования осадкой для последующей объемной штамповки [8–10]. Согласно

работе [11], применение дифференцированного нагрева выделяют в отдельное направление бесштампового профилирования заготовок. При этом градиентный нагрев по высоте заготовки перед деформированием может быть выполнен не только по варианту соответствия распределения температур распределению деформаций [9, 10], а и по другим вариантам.

3. Постановка проблемы

Во всех случаях тепловое состояние заготовки, а именно распределение температур, заданное при градиентном нагреве, должно зависеть от темпа штамповки, которую наиболее целесообразно проводить в автоматическом режиме. Следовательно, остывание установленной на штамп заготовки требует корректировки приобретаемого распределения температур на время её переноса от нагревателя и время контакта заготовки со штампом перед деформированием, что в настоящее время изучено недостаточно.

4. Цель работы. Целью настоящей работы является моделирование изменения теплового состояния заготовок с различными вариантами заданного неравномерного градиента температур, полученного в нагревателе при остывании на плоской осадочной плите.

5. Изложение основного материала

При нагреве заготовок перед штамповкой необходимо соблюдение термического режима с проведением деформирования в определенном интервале ковочных температур. В окончательном ручье температура полуфабриката должна обеспечивать полное и беспрепятственное заполнение гравюры с формированием обляя нормированных размеров. Это накладывает определенные ограничения на условия градиентного нагрева, когда середина или торцы заготовки имеют более низкую температуру, при расчете которой следует учитывать темп штамповки, количество ручьев, время контакта с инструментом, теплофизические свойства материалов и т.п.

Использование градиентного нагрева для бесштампового профилирования заготовок перед горячей объемной штамповкой требует задания закономерности распределения температур по длине (высоте) заготовки перед первой формоизменяющей операцией, которой в большинстве случаев служит осадка либо её разновидности. Обоснованной является закономерность распределения температур [9, 10], отвечающая распределению радиальных деформаций по длине, для интенсификации набора металла в местах формирования утолщений и повышения сопротивления деформированию металла на стержневых участках профилированного полуфабриката, что рассчитывают исходя из чертежа поковки. Следует отметить известные конечно-разностные решения по нахождению температурных полей остывающей неравномерно нагретой заготовки при переносе её к штампу [12] и при её остывании на плите [13]. Ввиду потенциального разнообразия конфигураций поковок, для получения соответствующих профилированных полуфабрикатов необходимы возможности реализации различного распределения температур вдоль оси заготовки при

нагреве в специальных индукционных нагревателях с переменной плотностью витков (рис. 1), основы расчета которых изложены, например, в работах [14, 15].

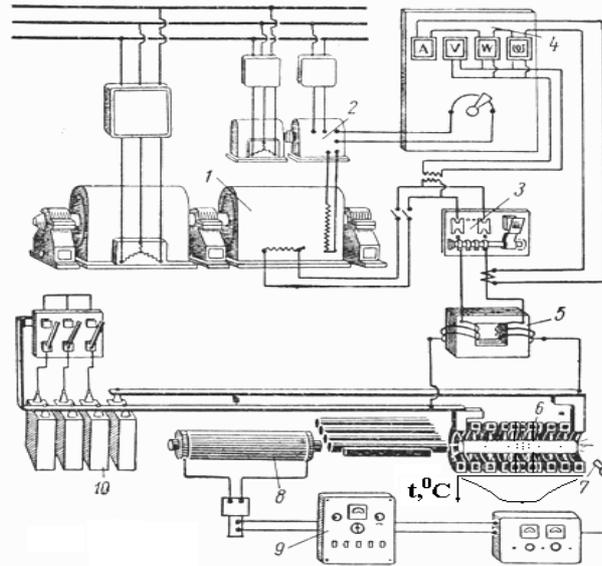


Рис. 1. Схема индукционного устройства для реализации градиентного нагрева заготовки по длине:

1 – генератор тока высокой частоты; 2 – усилитель управления режимами нагрева; 3 – контактор для включения и выключения нагрева; 4 – шкаф с измерительными приборами для управления работой усилителя; 5 – автотрансформатор регулирования напряжения на индукторе; 6 – индуктор с переменным шагом витков; 7 – фотопирометр; 8 – толкатель для подачи заготовок в индуктор; 9 – пульт управления; 10 – батарея конденсаторов

Для проведения компьютерного моделирования выполняли построение в пространственной постановке твердотельной модели заготовки и плиты, на которую она устанавливалась. Моделирование осуществляли в среде интегрированной системы конечно-элементного анализа COSMOS/Works 2006. Аппроксимация плиты и заготовки осуществлялась четырехузловыми тетраэдрическими конечными элементами. Ввиду рассмотрения двумерной задачи, заготовку разбивали на слои толщиной 5 мм, что соответствует размеру одного конечного элемента и позволяет накладывать на заготовку произвольно заданное начальное тепловое поле.

Теплофизические свойства материала заготовки задавали как функции температуры. Плите задавали начальную температуру $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, которую условно принимали постоянной для всего времени моделирования. На боковой поверхности и торце заготовки заданы граничные условия, отвечающие закону излучения Планка (коэффициент черноты – 0,8). Температура окружающей среды принята равной $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. На контакте заготовки и плиты приняты условия теплопередачи, отвечающие закону теплопроводности Фурье.

Моделировали охлаждение заготовок из технической меди (М1) и стали 40Х с размерами $\varnothing 90 \times 180\text{ мм}$ и $\varnothing 60 \times 300\text{ мм}$, установленных торцом на плите (сталь 5ХНВ). За начало координат принимали точку контакта оси заготовки с плитой. Задавали различные варианты начального распределения температур по высоте заготовки. На рис. 2 приведены графические зависимости, отражающие результаты расчетов (t, s – время, секунды). С течением времени градиент

температур по длине заготовки уменьшается. Торец заготовки, контактирующий с плоской плитой при установке, испытывает наиболее резкое падение температур, наиболее сильно проявляющееся в начальные 15 секунд.

На основании результатов моделирования, темп штамповки, рассчитываемый из условия учета времени установки заготовки на плоский штамп, её нахождения на нем до деформирования, сопровождающееся подстуживанием, и подготовительно-заготовительной осадки, может быть согласован с режимом нагрева заготовки. При этом рекомендовано, чтобы время нахождения заготовки на плоском штампе до деформирования не превышало 15 секунд. Исходя из данных общемашиностроительных нормативов времени на горячую объемную штамповку [16], указанные рекомендации практически всегда выполнимы.

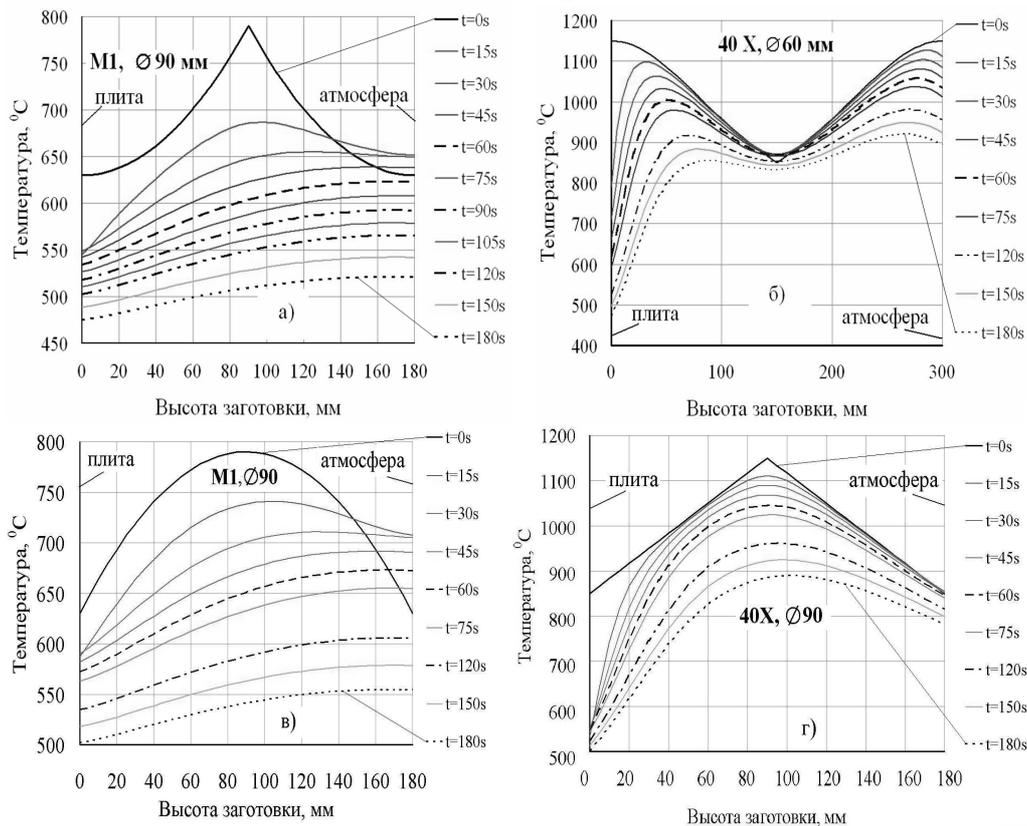


Рис. 2. Примеры графиков распределения температур при охлаждении медных (а, в) и стальных (б, г) заготовок с заданным первоначальным градиентом по высоте

6. Выводы

Таким образом, выявлены количественные значения падения температуры в зоне контакте заготовки с инструментом при различных вариантах начальных температурных полей. Результаты моделирования позволяют определять требуемые температуры нагрева в поперечных сечениях заготовки по высоте с учетом дальнейших технологических переходов, корректировать темп штамповки, получать исходную информацию для проектирования нагревательных устройств.

Список литературы: 1. Аверкиев Ю. А. Технология холодной штамповки / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с. 2. Зубцов М. Е. Листовая штамповка / М. Е. Зубцов. – Л.: Машиностроение, 1980. – 432 с. 3. Стеблюк В. И. Разработка теории и методов интенсификации формоизменяющих операций листовой штамповки : дис. ...докт.

техн. наук : 05.03.05 / Стеблюк Владимир Иванович. – Киев, 1998. – 312 с. 4. Ершёв В. И. Интенсификация формоизменяющих операций листовой штамповки / В. И. Ершёв. – М.: Высшая школа, 1989. – 87 с. 5. Ткачев Р. О. Усилие деформирования при обжиме концов трубчатых заготовок с дифференцированным нагревом / Р. О. Ткачев, А. Д. Кирицев, Б. С. Каргин // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – С. 22–31. 6. Брюханов А. Н. Ковка и объемная штамповка / А. Н. Брюханов. – М.: Машиностроение, 1975. – 408 с. 7. Коньков А. С. Кузнечное производство / А. С. Коньков. – М.: Машиностроение, 1966. – 384 с. 8. Грешнов В. И. Дифференциальное деформирование при штамповке заготовок удлиненной формы / В. И. Грешнов // Кузнечно–штамповочное пр–во. – 1994. – № 10. – С. 14–17. 9. Кухар В. В. Розробка рекомендацій до використання диференційованого нагрівання при одержанні профільованої заготовки осаджуванням із втратою стійкості / В. В. Кухар, К. К. Діамантопуло // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Краматорськ, 2001. – С. 321–326. 10. Спосіб одержання профільованої заготовки: пат. 43614 А Україна, МПК 7 B21K1/08 / В. В. Кухар, К. К. Діамантопуло, В. І. Мазан. – № 2001042391; заявл. 10.04.2001; опубл. 17.12.2001, Бюл. № 11. – 14 с. 11. Гринкевич В. А. Разработка концепции бесштампового профилирования заготовок на прессах с повышением точности формоизменения на окончательных операциях // В. А. Гринкевич, В. В. Кухарь, К. К. Діамантопуло. – Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сб. научн. тр. Темат. вып.: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – №32. – С.26-32. 12. Діамантопуло К. К. Математичне моделювання зміни температурного поля заготовки при охолодженні після нерівномірного нагрівання / К. К. Діамантопуло, Л. І. Хііш, В. В. Кухар, І. В. Дмитренко // Наукові вісті: Сучасні проблеми металургії. Т. 5. Пластична деформація металів. – Дніпропетровськ: Системні технології. – 2002. – С.175-179. 13. Кухарь В. В. Моделирование температурного поля неравномерно нагретой по длине заготовки при её остывании на штампе / В. В. Кухарь, О. А. Лаврентик, В. А. Бурко, М. В. Крестников // Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. праць / ПДТУ. – Маріуполь, 2007. – Вип. 17. – С. 125–129. 14. Слухоцкий А. Е. Индукторы для индукционного нагрева / А. Е. Слухоцкий, С. Е. Рыскин. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с. 15. Безручко И. И. Индукционный нагрев для объёмной штамповки / И. И. Безручко – Л.: Машиностроение, 1987. – 126 с. 16. Общемашиностроительные нормы времени на горячую объёмную штамповку. – М.: НИИ труда, 1983. – 104 с.

Поступила в редколлегию 11.04.2010

УДК 621. 73

С.Б. КАРГИН, аспирант, ПГТУ, г. Мариуполь

Б.С. КАРГИН, канд. техн. наук, проф., ПГТУ, г. Мариуполь

В.В. КУХАРЬ, канд. техн. наук, доц., ПГТУ, г. Мариуполь

О.Е. МАРКОВ, канд. техн. наук, доц., ДГМА, г. Краматорск

Р.И. ТИХОНЕНКО, магистр, ПГТУ, г. Мариуполь

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПРОФИЛИРОВАННЫХ БОЙКОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ КОВКИ ТРЁХЛЕПЕСТКОВОЙ И ЧЕТЫРЁХЛЕПЕСТКОВОЙ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПРОТЯЖКИ

Представлені результати досліджень по розробці конструкції профільованих бойків для кування трипелюсткових і чотиріпелюсткових заготовок із звичайних зливків. Показані переваги кованих заготовок в порівнянні з литими. Встановлені величини обтискань і подач, які є необхідними для одержання кованих заготовок потрібної профільованої форми.