

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОВКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПЛИТ

NEW TECHNOLOGY FORGING LARGE PLATES

Буркин С.П., Разинкин А.В.

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

A new version of the technology of manufacturing high-quality large-sized plates of aluminum alloys. Guarantee a significant increase in productivity. Through the use of hollow ingots with a relatively thin wall provides a uniform structure and properties of the metal. New cyclic deformation pattern ingots allows intensive study of the structure.

Key words: aluminum plate, cyclic processing, closed upsetting, drifting, rolling rings.

Изготовление качественных крупногабаритных плит из сложнолегированных алюминиевых сплавов затруднено в первую очередь необходимостью литья термически толстых заготовок, при сравнительно медленной кристаллизации металла которых неизбежны рост дендритов и ликвационная объёмная неоднородность. Даже длительный (экономически оправданный) гомогенизационный отжиг не спасает положения. Химическая неоднородность в объёме и крупнозернистая структура слитка вынуждают проводить длительную всестороннюю ковку с целью набора значительной степени уковки (суммарной степени деформации). При выполнении осадки, как первой операции предварительнойковки, из-за недостаточной пластичности литого металла велик рост растрескивания заготовок. Прокаткой можно получать только сравнительно тонкие плиты (не толще 200 мм). При этом суммарная степень деформации всегда остаётся низкой и в плите проявляется литейная наследственность неоднородности структуры и механических свойств.

Разработано к настоящему времени достаточно много технологических вариантовковки таких поковок, как из слитков, так и из непрерывнолитых заготовок, имеющих ограниченную пластичность в литом состоянии при использовании схем напряжённого состояния, характерных для традиционных операций свободнойковки. Все известные методыковки нацелены на проработку литой структуры и на достижение однородности степени деформации в объёме поковки. Описанные технологии многооперационные и зачастую требуют промежуточных подогревов металла, что существенно снижает производительность. Однородность и изотропность свойств металла в объёме плит не достигается в применяемых технологиях никогда.

Рассмотрен новый технологический вариант высокопроизводительного изготовления качественных крупногабаритных плит из сплавов алюминия, легированных элементами с высоким коэффициентом диффузии. Схема техпроцесса изготовления плит приведена на рис.1. Финишные операции этого способаковки подобны известным.

Полунепрерывным литьём получают полуо заготовку с термически тонкой стенкой объёмом двух готовых плит с учётом определённого заправочного коэффициента. В

качестве исходной кузнечной заготовки рассматривается полый гомогенизированный и механически обработанный слиток. После нагрева до ковочной температуры заготовка помещается в цилиндрический контейнер и осаживается вдоль оси практически до замыкания полости. Такой способ закрытой осадки гарантирует отсутствие потери устойчивости стенки и позволяет даже за одну операцию осадки достичь высокой степени

деформации $\varepsilon = \ln \frac{F_1}{F_0} = \ln \frac{D^2}{D^2 - d^2}$, где F_1 и

F_0 – площади сечения заготовки после и до осадки; D – диаметр полости контейнера; d – диаметр полости заготовки.

Последующая закрытая прошивка в этом же контейнере пуансоном диаметром d практически восстанавливает исходную форму и размеры исходной заготовки. При этом накопленная за цикл «осадка-прошивка» степень деформации удваивается. Цикл деформирования таким способом может быть повторён n раз с накоплением суммарной степени деформации $\varepsilon_{\Sigma} = 2n\varepsilon$. Схема напряжённого состояния в этих операциях благоприятна для высокой пластичности металла и гарантирует отсутствие разрушения даже малопластичных сплавов. После обеспечения требуемой степени уковки (в принципе бесконечно большой) прошивнем осуществляется просечка доньшка и полая заготовка выпрессовывается из контейнера. Последующая свободная осадка на гладких плитах готовит заготовку под раскатку (кузнечную или валковую) кольца. Во время раскатки формируется поперечное сечение стенки, соответствующее поперечному сечению будущей плиты. Раскатанное кольцо на оправке зарубается топором по диаметру на глубину 0,85...0,90 толщины стенки кольца. Далее кольцо устанавливают на гладкую плиту так, что диаметральной плоскостью зарубок параллельна плите, и расплющивают верхней плитой прессы до полного смыкания полости. Металл недорубов, играющий роль шарниров при сплющивании, удаляется фрезерованием, при котором плиты разделяют и направляют на дальнейшую термическую и механическую обработку.

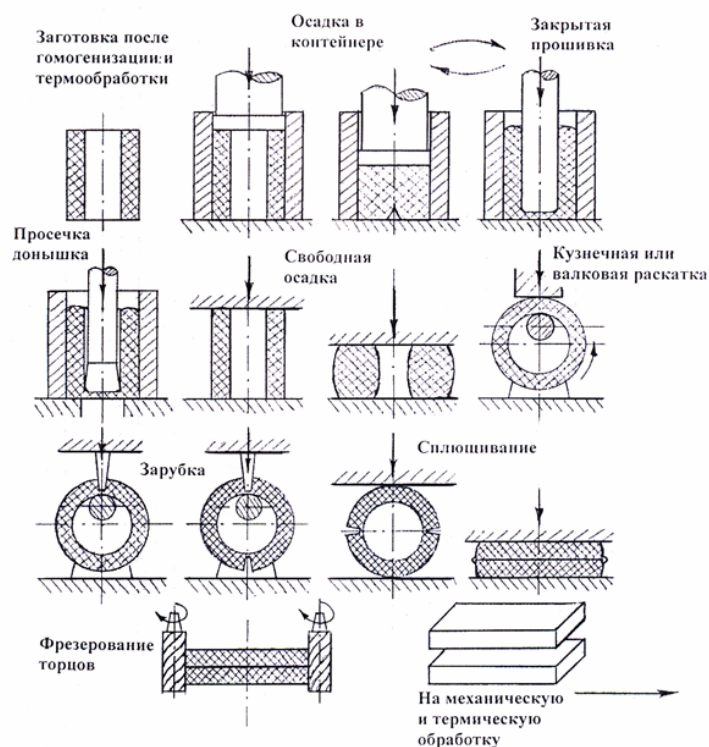


Рис. 1. Технологическая схемаковки крупногабаритных плит

Таким образом, из одной полой сравнительно тонкой литой заготовки получают две плиты за короткий технологический цикл. Нагрев инструментальной оснастки до температурыковки обеспечивает условия обработки, близкие к изотермическим.

Анализ напряжённо-деформированного состояния актуален лишь для совмещенных операций осадки в контейнере и закрытой прошивки, а также финишной операции расплющивания надрубленной кольцевой заготовки.

Задачей совмещения осадки с прошивкой, кроме накопления большой суммарной степени деформации, является формирование однородной и изотропной структуры за счет выравнивания степеней деформации сдвига на этапах противонаправленного деформирования.

В промышленном варианте технологии изготовления алюминиевых плит толщиной до 400 мм описанным способом операция расплющивания выполнялась на плоских гладких плитах. Однако, при ковке плит из высокопрочных сплавов типа 7075 (DIN EN573-31:1994, Германия) возможно поверхностное растрескивание в средней части внутренней поверхности. Вследствие обратного прогиба, как это видно на рис. 2, на внутренней поверхности возникают большие растягивающие напряжения в направлении длины будущей плиты. Обратный прогиб наблюдается во всех случаях применения плоских осадочных плит.

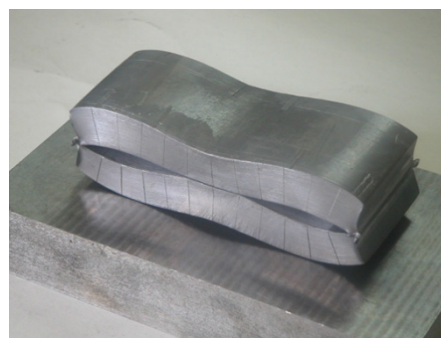


Рис. 2. Обратный прогиб стенки надрубленной кольцевой заготовки при её расплющивании на плоских плитах

С целью совершенствования технологии и устранения обратного прогиба стенок кольцевой заготовки при расплющивании проведена серия экспериментальных лабораторных и промышленных исследований формоизменения металла при этой операции.

В лаборатории ковались заготовки из модельного свинцово-сурьмянистого сплава, характеризующегося пониженной пластичностью. Оптимизирована операция сплющивания кольцевой надрубленной поковки. Установлено оптимальное значение угла вырезных плит, при которых удается устранить обратный прогиб стенки кольца на завершающих этапах сплющивания. На рис. 3 показаны завершающие этапы сплющивания надрубленной кольцевой заготовки на плоских и вырезных плитах.

Опыты по ковке плит с размерами 200x800x1400 мм из сплава 7075 в производственных условиях проводились на

ковочном гидравлическом прессе 60 МН. Исходной заготовкой являлся сплошной непрерывнолитой цилиндрический слиток высотой 1000 мм и диаметром 800 мм. Слиток после гомогенизации и механической обработки нагревался до 430⁰С и процесс ковки осуществлялся на подогретой до 400⁰С оснастке и начинался с прошивки в контейнере диаметром 800 мм. Диаметр прошивня 320 мм. Затем последовательно выполнялись операции: осадка в контейнере, прошивка

прошивнем 400 мм, прорубка донной части с удалением выдры. После извлечения из контейнера заготовка осаживалась вдоль оси до высоты 720 мм и раскатывалась кузнечным способом до наружного диаметра 1100 мм и толщины стенки 200 мм. Надрубка топором до 0,9 толщины стенки раскатанной заготовки выполнялась на раскатной оправке. При расплющивании применялись как плоские, так и вырезные плиты с углом выреза 164⁰.

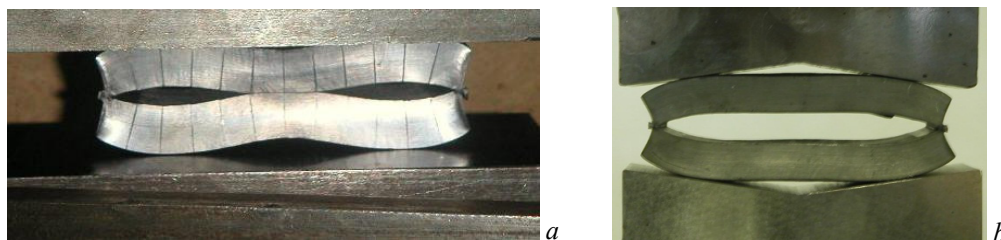


Рис. 3. Форма кольцевой поковки на конечной стали сплющивания:
a – плоские плиты; *b* – вырезные плиты

Плиты после ковки подвергались закалке и искусственному старению. Механическим испытаниям подвергались образцы, вырезанные в трех взаимно перпендикулярных направлениях из средней части плиты, где ожидался наиболее низкий уровень механических свойств. Временное сопротивление разрыву в направлении длины плиты с вероятностью 0,95 заключено в интервал [517-522] МПа, в направлении ширины – [488-491] МПа, в направлении толщины – [487-490] МПа. Значения условного предела текучести соответственно лежат в интервалах: [483-487] МПа; [458-465] МПа и [447-457] МПа. Статистически значимого различия в механических характеристиках поковок, полученных расплющиванием на плоских и вырезных осадочных плитах, не обнаружено. Тем не менее, с точки зрения уменьшения слоя, пораженного поверхностными трещинами, и уменьшения припусков на механическую обработку,

целесообразно использовать вырезные плиты. При этом угол выреза должен выбираться, исходя из размеров поковок и характеристик обрабатываемых металлов и сплавов. Назначение углов выреза удобно выполнять с помощью математической, например, конечно-элементной модели.

С корректировкой по опытным данным поставлена краевая задача и решена МКЭ с расчетом всех показателей напряженно-деформированного состояния при расплющивании надрубленной кольцевой заготовки. Решение задачи позволило найти оптимальный угол выреза осадочных плит для поковок различной конфигурации из металлов и сплавов, для которых предварительно определены кривые упрочнения и пластичности.

Наиболее неблагоприятная по пластичности схема напряженного состояния реализуется в зоне заготовки, локализуемой в средней части внутренней поверхности кольца.

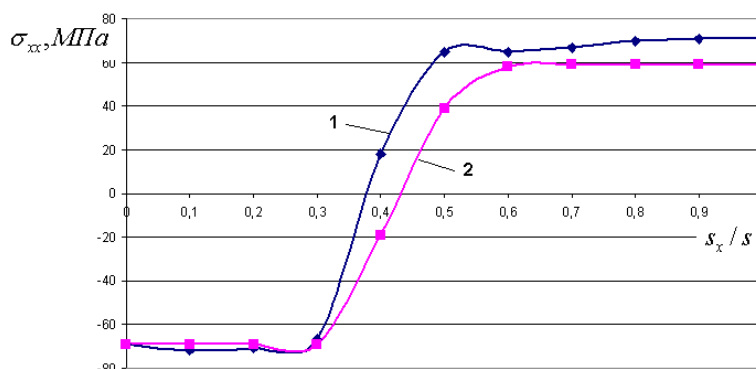


Рис.4. Распределение осевых напряжений σ_{xx} по толщине стенки кольцевой заготовки при её расплющивании на плоских (1) и вырезных (2) плитах

Схема напряжённого состояния в этой зоне несколько смягчается при смене плоских плит на вырезные. Это демонстрируют графики (рис.4) распределения осевых (в направлении длины откованной плиты) напряжений σ_{xx} по толщине стенки кольца. Здесь S_x - координата стенки кольца. Значение $S_x/S = 0$ соответствует точкам на внешнем периметре заготовки.

Заключение

мм из сплава 7075 требуется пресс 300 МН для операций закрытой и свободной осадки полой заготовки, ковочный пресс 60 МН для раскатки, прошивки и расплющивания кольцевой заготовки. Раскатка может быть выполнена на кольцераскатном стане после некоторой его модернизации.

Совмещение операций осадки полой заготовки и её закрытой прошивки может эффективно использоваться и при изготовлении широкого

В качестве основного достоинства описанной технологии изготовления плит из высоколегированных алюминиевых сплавов следует считать простую возможность получения однородных и изотропных свойств металла плиты во всём её объёме. Возможность практической реализации технологии доказана экспериментальным и теоретическим анализом всех операцийковки, включенных в техпроцесс. Например, для изготовления плит 400x1200x3000

класса полых поковок из высоколегированных и малопластичных (особенно в литом состоянии) сплавов. Литые крупные полых слитков уменьшает ликвационную и структурную неоднородность в объёме заготовки, а циклическое противонаправленное деформирование позволяет накапливать неограниченно большую суммарную степень деформации в условиях благоприятных схем напряжённого состояния.