

УДК 621.017

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКИ ПАНЕЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Осетник И.В.

Научные руководители – доцент Константинов И.Л., Губанов И.Ю.

Сибирский федеральный университет

Поведение металлов в состоянии сверхпластичности (СП), для которого характерно аномально высокая деформационная способность и малое сопротивление деформации, обеспечивает возможность значительного повышения эффективности процессов обработки металлов давлением (ОМД) с точки зрения значительной экономии металла и снижения мощности используемого прессового оборудования. Однако низкие скорости деформации, необходимые для перевода металлов в состояние СП и строгий температурный режим деформации снижают производительность технологических процессов, а также приводят к усложнению и повышению стоимости осуществления таких процессов. В результате использование сверхпластичности в ОМД возможно только после тщательного анализа преимуществ и ограничений, а также с учетом опыта использования указанного эффекта в промышленном производстве. Перспективным направлением использования эффекта СП в ОМД является горячая объемная штамповка поковок со сложным рельефом из алюминиевых сплавов, таких как, например, тонкостенные детали со сложными элементами (высокие ребра, резкие переходы сечений, малые радиусы переходов и т.д.). Такие изделия обычно отличаются высокой стоимостью, а технологический процесс их изготовления большой трудоемкостью и многооперационностью. Увеличение деформационной способности металлического материала, находящегося в состоянии СП, позволяет существенно увеличить деформацию за одну технологическую операцию. Следовательно, появляется возможность перехода к малооперационной технологии, что позволит компенсировать снижение производительности процесса из-за малых скоростей деформации.

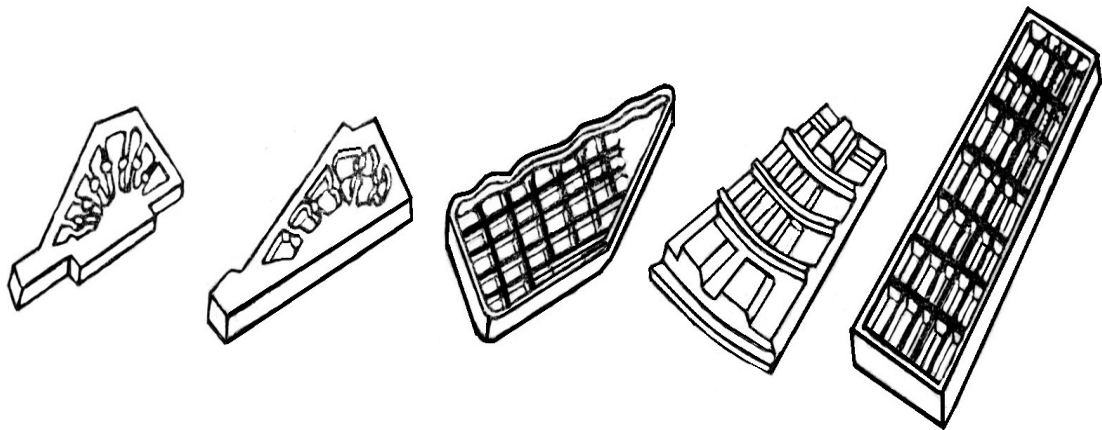
Тонкостенные детали из алюминиевых сплавов имеющие одну сторону плоскую, а вторую с рельефом находят широкое применение в различных конструкциях. Причем максимальной жесткостью обладают детали со сложным поверхностным рельефом, элементами которого являются, например, высокие тонкие ребра.

Получение подобных деталей по традиционной технологии представляет собой сложный процесс, включающий несколько операций штамповки, обрезку облоя, травление и т.д. Но даже многoperеходность при горячей объемной штамповке не позволяет получать тонкие ребра у штампованной поковки, и этого добиваются механической обработкой, что приводит к увеличению количества отходов и дополнительному повышению трудоемкости изготовления деталей.

Перевод металлических материалов в состояние сверхпластичности, требует выполнения трех условий: ультрамелкозернистой структуры заготовки, низких скоростей деформации (10^{-4} - 10^{-2} с⁻¹) и поддержания в течение всего процесса деформирования температуры выше 0,5 от температуры плавления (К). Выполнение второго и третьего условия решается использованием для штамповки гидравлических прессов, а также применением изотермического блока. Однако до сих пор получить ультрамелкое зерно в объемных полуфабрикатах из алюминиевых сплавов не удается. Причиной является матричная структура промышленных алюминиевых сплавов, в которых сформировать такую структуру можно только в результате рекристаллизации после равномерной холодной деформации с большими степенями. Однако даже использование деформации по режимам, соответствующим проявлению эффекта СП для обычных заготовок, позволят значительно повысить их деформируемость. Процесс штамповки по режимам

сверхпластичности называют объемной изотермической штамповкой. Имеется ряд работ, в которых описан процесс объемной изотермической штамповки поковок из алюминиевых сплавов.

Важной составляющей технологического процесса объемной штамповки является разработка конструкции штамповой оснастки. В отличие от традиционной штамповки оснастка для изотермической штамповки имеет ряд особенностей. Удобным инструментом для разработки штамповой оснастки являются компьютерные технологии, позволяющие построить пространственную модель штампа и изучить взаимодействие его деталей. Поэтому целью настоящего исследования явилась разработка компьютерной 3D-модели объемной изотермической штамповки одноплоскостных сложнопрофильных панелей из магналиев (термически неупрочняемых алюминиевых сплавов). Панели, подобные представленным на рис. 1., широко используются в авиации, судостроении, в электротехнической и других областях промышленности.



Ри. 1. Виды панелей для изотермической штамповки

Для решения поставленной задачи была разработана конструкция штампа (рис. 2), в котором сначала идет вырубка заготовки, затем заготовка попадает на дно матрицы, а при дальнейшем движении пуансона вниз осуществляется штамповка и металл заполняет гравюру матрицы. Таким образом, пуансон выполняет двойную функцию: сначала служит для вырубki, а затем для штамповки. Для поддержания постоянной температуры штамповки штамп помещают в изотермический блок, устанавливаемый на стол прессы.

Для построения компьютерной модели был использован специализированный программный комплекс DEFORM-3D, предназначенный для моделирования технологических процессов обработки металлов давлением, термообработки и механообработки. DEFORM-3D имеет простой русскоязычный Windows интерфейс и не требует специальных математических или конечно-элементных знаний, что позволяет широко использовать данный пакет в работе инженера-технолога.

Традиционные технологии проектирования позволяют получить результаты лишь через несколько месяцев, компьютерное моделирование позволяет сделать это уже через несколько часов или даже минут. При этом технолог может заглянуть как «внутри» процесса и проследить за формоизменением материала, увидеть возможные дефекты (складки, зажимы, утяжины, незаполнения и пр.), так и получить информацию о напряженно-деформированном состоянии заготовки, распределении температуры, о макро- и микроструктуре, о напряжениях в инструменте и требуемом усилии процесса деформирования.

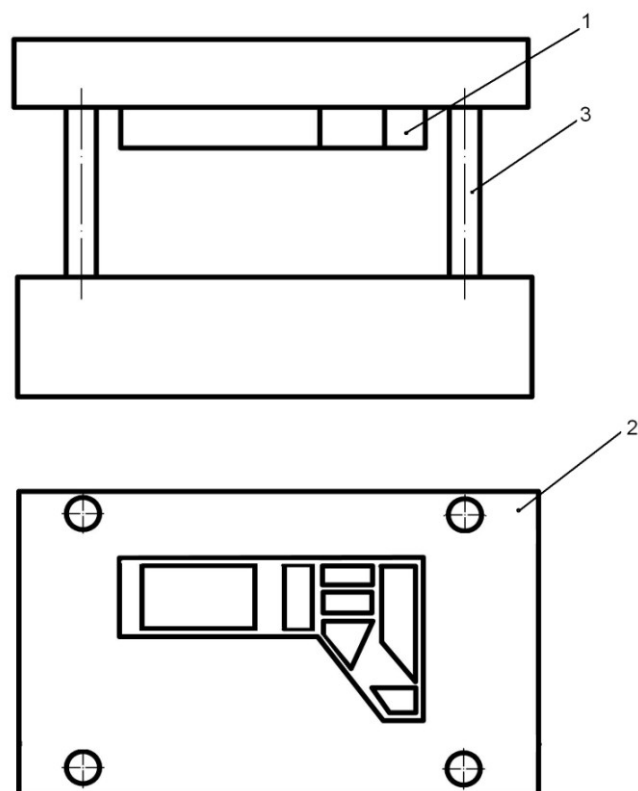


Рис. 2. Схема штампа для изотермической штамповки

Проводя виртуальный эксперимент можно более детально изучить технологический процесс и проследить влияние на него различных параметров, предложить десятки вариантов технологического процесса и выбрать из них оптимальный в соответствии с заданными критериями.

Компьютерное моделирование технологического процесса изотермической штамповки панелей из алюминиевых сплавов требует на первом этапе построение твердотельной трехмерной модели заготовки и инструмента. Эта задача была решена с применением пакета трехмерного проектирования Solidworks.

Далее задача решалась в пакете DEFORM-3D. Т.к. в предложенном технологическом процессе совмещены две операции, разделительная и формоизменяющая, компьютерная модель разделена на две стадии, которые решались в пакете DEFORM-3D последовательно.

Для решения задачи в препроцессоре необходимо пройти следующие этапы: загрузить геометрию заготовки и инструмента; определить конечно-элементную сетку заготовки; задать граничные условия; определить температуру заготовки; выбрать из базы данных материал заготовки; установить скорость перемещение верхней половины штампа; назначить параметры расчета. После генерации базы данных для решаемой задачи запускается решатель.

Результаты моделирования процесса изотермической штамповки в DEFORM-3D показали, что конструкция спроектированного штампа при заданных условиях сверхпластической деформации пригодна для получения алюминиевых панелей, и не приводит в ходе деформации к образованию дефектов.