

ОБ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКЕ В РЕЖИМАХ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

Под объемной штамповкой понимают процесс, при котором металл заготовки деформируется с изменением всех размеров заготовки, принимая форму рабочей поверхности специального инструмента - штампа. Преимущества объемной штамповки перед свободной ковкой - прежде всего в значительно более высокой производительности и точности размеров, а также в лучшем качестве поверхности изделий /1...3/. При этом резко сокращается дальнейшая чистовая обработка резанием. Штамповкой получают детали исключительно сложной формы. Однако необходимо учитывать, что штамп годен только для изготовления той поковки, для которой он спроектирован, в отличие от универсального инструмента свободнойковки.

Ряд особенностей, характеризующих металлы в состоянии сверхпластичности — чрезвычайно большая деформационная способность, малое значение напряжения течения, слабое влияние сверхпластической деформации на микроструктуру, высокая релаксационная способность /2/ обеспечивают возможность значительного повышения эффективности процессов обработки металлов давлением и качества готовых изделий. С другой стороны, низкие скорости деформации, соответствующие состоянию и регламентированному температурному режиму деформации, существенно усложняют и удорожают подготовку производства, снижают производительность технологических процессов и в результате ограничивают использование сверхпластичности в обработке металлов давлением. Сопоставление указанных преимуществ и ограничений, а также обобщение имеющегося опыта использования сверхпластичности позволяет выделить ряд технологических задач, при решении которых наибольший эффект обеспечивает деформирование в состоянии сверхпластичности. К таким задачам относятся следующие:

1. Штамповка малопластичных и труднодеформируемых металлов и сплавов на основе никеля, титана, магния, алюминия, увеличение деформационной способности материала в состоянии сверхпластичности позволяет существенно увеличить деформацию за один технологический переход и перейти, таким образом, к малооперационной технологии, в значительной мере компенсирующей уменьшение производительности процесса вследствие малых скоростей деформации.

2. Штамповка или другие способы формовки изделий, отличающихся особо сложной формой, получение которой часто недоступно для традиционных методов обработки металлов давлением (например, тонкостенные детали сложной формы с оребрением). Это дает возможность максимально приближать форму и размеры поковки к форме и размерам готовой детали, снижать до минимума или полностью исключать припуски на чистовую обработку, добиваясь значительной экономии дорогостоящих металлов и сплавов,

снижения трудоемкости обработки резанием. В ряде случаев возможность получения изделий более сложной формы позволяет отказаться от применения сварки или механических способов соединения деталей в узел и заменить его монолитной деталью, что способствует существенному увеличению выносливости и долговечности.

3. Снижением требуемых усилий штамповки и мощности применяемого оборудования обеспечивается увеличение фондоотдачи деформирующего оборудования и уменьшение энергоемкости процессов штамповки. Иными словами, появляется возможность переводить производство ряда крупногабаритных штампованных поковок с мощных уникальных прессов на серийные прессы средней мощности и увеличивать максимально допустимые габариты поковок, штампуемых на мощных прессах. Малые давления при деформировании в состоянии сверхпластичности способствуют существенному увеличению стойкости штампового инструмента и позволяют заметно снизить его стоимость.

4. Улучшению ряда показателей качества готовой продукции способствуют повышенная текучесть и малые давления, которые при штамповке материалов в режимах сверхпластичности отвечают лучшему воспроизведению формы ручья штампа, повышению точности размеров и снижению шероховатости поверхности поковок, уменьшению разброса размеров в пределах партии поковок. Высокая устойчивость к релаксации напряжений материалов в состоянии сверхпластичности приводит практически к отсутствию внутренних напряжений в готовых поковках, и следовательно, обеспечивает стабильность размеров и формы готовых деталей, отсутствие коробления в процессе термической обработки и после нее повышенную стойкость материала детали против коррозии в химически активных средах. Формирование ультрамелкозернистой структуры материала заготовки в процессе динамической сверхпластичности /4/ обеспечивает получение высококачественных штампованных поковок, изотропных в отношении структуры и механических свойств.

При реализации технологической операции можно предусмотреть получение не только осесимметричных деталей типа тел вращения. Форма получаемых полуфабрикатов может отличаться повышенной сложностью. Это, например, детали типа ступица с тонкими стенками, которые можно получать другими методами ОМД, но с куда большими затратами.

Теперь становится понятным перспективность способов формоизменения металлических изделий методами обработки давлением. Основным преимуществом такого способа обработки является улучшение свойств с помощью получения требуемой структуры металлов после пластической обработки, возможность сочетания пластической и термической обработки, достижение высокого качества поверхности и точных размеров изделий. Продукция получается не только прочнее, надёжнее, долговременнее, но и дешевле, особенно при массовом производстве. Резко уменьшаются потери металла, отходы в виде стружки.

Наличие сверхпластичности позволяет расширить возможности и повысить эффективность точной изотермической объемной штамповки /1/ деталей сложной формы, добиваясь при этом снижения до минимума отходов металла, уменьшения усилия штамповки, затрат энергии на процесс деформации, снижение трудоемкости производства, повышения качества продукции.

В настоящее время под точной объемной штамповкой принято понимать процесс получения деформированием в штампе детали без припуска на механическую обработку, по всей поверхности за исключением той ее части, по которой данная деталь стыкуется с другими деталями при сборке. Таким образом, сверхпластичность в этом случае наиболее целесообразно использовать при штамповке тонкостенных деталей сложной формы с развитой поверхностью. При этом, если штампуются поковки малых и средних размеров, изготовление которых не лимитировано мощностью имеющихся прессов, то в этом случае эффект от использования сверхпластичности связан главным образом со снижением отходов металла, уменьшением объема и трудоемкости обработки резанием, повышением качества деталей. Этот эффект тем значительнее, чем дороже обрабатываемый сплав и чем он труднее деформируется в обычных условиях.

Однако наибольший эффект использования сверхпластичности достигается при штамповке крупногабаритных изделий сложной формы с развитой поверхностью, особенно если их штампуют из труднодеформируемых материалов, обладающих повышенным сопротивлением деформации. В этом случае применение обычной горячей штамповки может лимитироваться мощностью прессового оборудования или стойкостью штампового инструмента. Применение же режимов сверхпластичности решает эти задачи: при этом возможно увеличить в пределах номинального усилия прессы максимально допустимые размеры штампуемых деталей или перевести штамповку деталей с мощных (часто уникальных) прессов на серийные с меньшим номинальным усилием.

Отметим, что технология получения изделия должна быть эффективной и основывается на обобщении научной и технической сторон задачи, которые, следуя /5/, представимы в виде трех этапов:

I этап: отработка термомеханических режимов перехода сплавов в сверхпластическое состояние; выяснение влияния сверхпластической деформации на эксплуатационные свойства материала.

II этап: решение комплекса обработческих задач, включающих разработку конструкций и материалов оснастки, учитывающих особенности сверхпластической деформации; создание конструкции установки, обеспечивающей контроль и регулирование термомеханических параметров процесса деформирования с учетом длительного непрерывного воздействия высокой температуры.

III этап: отработка финишных операций.

В качестве технологического примера приложения сверхпластичности сошлемся на результаты /6/, которые позволили, используя схему обратного выдавливания, получить ряд деталей из алюминиевых сплавов (рис.1). Металлографические исследования осуществлены сравнительным анализом структурного состояния после изотермической штамповки и изготовленных по стандартной технологии резанием. Преимущества изотермического способа сравнительно с традиционным сказались не только в близкой к мелкозернистой структуры, но и в таком показателе как КИМ. Который при штамповке был равен 0,75...0,8, а при резании – 0,13.



Рис.1. Детали “Стакан” (АМг5), “Корпус” (В48), “Крышка” (АК4), “Сферическая опора” (Д18Т).

Обобщая сказанное, можно выделить ряд задач технологического плана, которые подлежат внимательному рассмотрению и решению. К ним относятся /7/:

- в процессах объемного формоизменения использовать для изготовления полуфабрикатов и изделий сплавы в состоянии поставки (без предварительной подготовки структуры);
- получение ультрамелкого зерна, необходимого для осуществления эффекта, обеспечить оптимальным сочетанием нагрева и деформации, которые, очевидно, будут иметь место при суперпозиции деформации и различной природы структурных фазовых переходов /8/;
- обеспечение методов надежного и качественного изотермирования очага пластической деформации, поскольку при соблюдении термических условий сверхпластичности варьированием поле скоростей деформации можно выделить в очаге деформации сверхпластическую область;
- разработка рецептов смазок, работающих в условиях повышенных температур и с низкими скоростями процесса формоизменения.

В результате решения перечисленных задач можно прогнозировать получение изделий сложной формы методами горячего объемного формообразования с качественными структурными показателями.

Список литературы

1. Смирнов О.М. Обработка металлов давлением в состоянии сверхпластичности.—М.: Машиностроение, 1979.—168 с.
2. Чумаченко Е.Н., Смирнов О.Н., Цепин М.А. Сверхпластичность: материалы, теория, технология. — М.: КомКнига, 2005. — 320с.
3. Кайбышев О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов.— М.: Металлургия, 1984.—264 с.
4. Рудской А.И., Рудаев Я.И. Механика динамической сверхпластичности алюминиевых сплавов. - СПб.: Наука, 2009. -218с.
5. Кайбышев О.А., Галимов М.Д. Технологические особенности изготовления сложнопрофильных деталей из промышленных сплавов с использованием эффекта сверхпластичности //Тез.докл. I Всесоюзн.научно-техн. конф. «Сверхпластичность металлов» (Уфа, май, 1978). — Уфа, 1978. — С.33-35.
6. Кунеев В.И., Пазылов Ш.Т., Рудаев Я.И., Чашников Д.И. Технологии динамической сверхпластичности //Проблемы машиностроения и надежности машин.—2002.—№6.—С. 62–70.
7. Рудаев Я.И., Чашников Д.И. Основные пути использования сверхпластичности металлов в современной технике и технологии //Судостроительная промышленность. Серия металловедение, металлургия.— 1987.—Вып. 6.—С. 40–48.
8. Пресняков А.А. О природе сверхпластического течения //Тез.докл. III Всесоюзн. научно-техн. конф. «Сверхпластичность металлов». ч.I.- Тула, 1986. — С.4-5.