

Література

1. Соседов В.П. Графитация углеродистых материалов / В.П. Соседов, Е.Ф. Чалых. – М. : Металлургия, 1987. – 176 с.
2. Коржик М.В. Модель температурного поля печи графитации / М.В. Коржик, С.В. Кутузов // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2007. – № 1. – С. 17–23.
3. Коржик М.В. Керування стадією розігріву печи графитации / М.В. Коржик // Автоматизация виробничих процесів. – 2006. – № 2. – С. 69–78.
4. Коржик М.В. Вдосконалення регламенту графитации електродних виробів / М.В. Коржик, І.Л. Шилович, А.І. Жученко, О.Ю. Уразліна // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2004. – № 2. – С. 107–109.
5. Коржик М.В. Розробка системи керування процесом графитации в печах Ачесона / М.В. Коржик, Г.І. Гурчик // Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2010. – № 1. – С. 98–103.

УДК 621.7

ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛА ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ

А. А. Дудников

Кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

А. И. Беловод

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра общетехнических дисциплин**

А. А. Келемеш

Ассистент*

А. М. Погорецкий

Магистрант*

И. В. Перелит

Магистрант

*Кафедра ремонта машин и технологии конструкционных материалов
**Полтавская государственная аграрная академия
ул. Сковороды, 1/3, г. Полтава, 36003

Розглядаються питання оцінки пластичності металу і сплавів при обробці і впливу на неї різних факторів
Ключові слова: *формування, пластична деформація, потенційна енергія, швидкість деформації*

Рассматриваются вопросы оценки пластичности металла и сплавов при обработке и влияния на неё различных факторов
Ключевые слова: *формообразование, пластическая деформация, потенциальная энергия, скорость деформации*

The assessment questions of the metal plasticity and alloys processing and influence of different factors are considered
Key words: *morphogenesis, plastic deformation, the potential energy, the rate of deformation*

1. Введение

Формообразование обработкой давлением основано на способности изделий из металла и сплавов изменять свою форму без разрушения под действием приложенных внешних сил. Обработка давлением является одним из прогрессивных, экономических и высокопроизводительных способов придания металлу формы. Обработкой давлением могут быть получены детали из материала, обладающего как высокой, так и

низкой пластичностью, т.е. способностью необратимо деформироваться без разрушения.

2. Постановка проблемы

Способность металла и сплавов при некоторых условиях силового воздействия, независимо от его происхождения, устойчиво изменять свою форму без разрушения сплошности, используется с давних времён. Несмотря на это, механизм пластической деформации из-за сложности происходящих при этом явлений

не может считаться полностью изученным. Актуальность проблемы обусловлена необходимостью выбора эффективного способа обработки материала деталей при их восстановлении с целью повышения их ресурса.

3. Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме

В зависимости от формы и размеров деталей, а также свойств деформируемого металла применяют различные технологические процессы обработки давлением, которые не только изменяют форму деталей, но и вызывают в металле качественные изменения [1].

Как считают ряд авторов [2,3] при обработке металлов давлением следует учитывать положения:

- механо-термические условия, при которых обеспечивается возможность максимального формоизменения металла, что необходимо для установления оптимальных режимов технологических процессов;
- влияние обработки давлением на механические и физические свойства металлов с целью получения наилучших эксплуатационных характеристик деталей;
- характер формоизменения заготовок при различных технологических операциях для нахождения рациональных соотношений между размерами и формой деталей, получаемых после обработки давлением;
- сопротивление металла пластичности деформациям при обработке давлением, т.е. распределение напряжений, усилий для осуществления технологических операций в целях выбора оптимальных режимов восстановления (изготовления) деталей.

В настоящее время считается бесспорным, что пластичность является состоянием вещества, зависящим от условий деформирования: механической схемы деформации, температуры, скорости и степени деформации, а также внешних условий (трение, среда).

4. Результаты исследований

Приложение внешних сил к твёрдому телу вызывает изменение его формы и размеров, что сопровождается изменением расстояния между отдельными материальными точками, составляющими данное тело, или же изменением размеров и формы элементарных объёмов, на которые можно разделить рассматриваемое тело.

Величина формоизменения может быть оценена таким понятием, как деформация. Можно выделить следующие виды деформации: линейные, угловые, поверхностные и объёмные.

Линейные деформации характеризуют изменение какого-либо одного размера, а угловые – изменение угла между любыми двумя линиями, проведёнными в деформируемом теле.

Поверхностные деформации характеризуют изменение площади какого-либо сечения или участка поверхности, а объёмные – изменение объёма.

Указанные деформации, в свою очередь, можно разделить на абсолютные, относительные и логарифмические.

Если деформация, вызванная внешними силами, исчезает при их прекращении и тело полностью восстанавливает свои исходные размеры и форму, то такую деформацию называют упругой. Если же при прекращении действия внешних сил тело не полностью восстанавливает свои размеры и форму, то такую деформацию называют пластической (остаточной) деформацией.

Обработка металлов давлением базируется на использовании одного из основных их свойств – пластичности, т.е. способности твёрдого тела получать пластические деформации.

Экспериментально установлено, что объём тела пластической деформации изменяется незначительно. Поэтому в теории пластической деформации принимают условно постоянства объёма: объём тела при пластической деформации остаётся неизменным.

В процессе пластической деформации объём тела будет несколько отличаться ввиду того, что пластической деформации всегда предшествует упругая, изменяющая объём. Поэтому размеры тела после деформации отличаются от размеров рабочих частей инструмента. Так высота поковки больше расстояния между бойком пресса в момент окончания осадки (рис. 1).

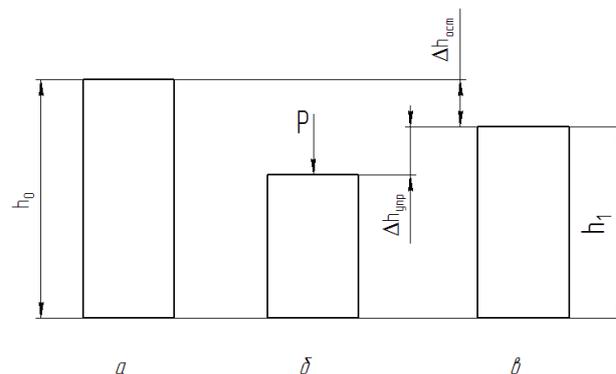


Рис. 1. Схема упругой и пластической деформации при осадке образца: а – до приложения усилия; б – в конце осадки; в – после снятия усилия

По нашему мнению пластичность можно оценивать максимальной величиной пластической деформации, получаемую без разрушения деформируемого тела. Пластичность зависит от условий деформирования и её следует рассматривать не как свойство какого-либо материала, а как его состояние.

Упругая и пластическая деформация может осуществляться в твёрдых телах путём относительного смещения атомов. При упругой деформации величина смещения атомов из положений равновесия не превышает расстояния между соседними атомами.

Вследствие изменения межатомных расстояний упругая деформация вызывает обратимое изменение объёма, которое составляет, например, при всестороннем сжатии давлением, 100 кгс/мм², для стали ~ 0,6%, для меди ~ 1,3%.

С увеличением упругих деформаций потенциальная энергия твёрдого тела возрастает. При достижении определённого предела потенциальной энергией атомы получают возможность смещаться на расстояния бо́льшие, чем межатомные расстояния ненагруженного твёрдого тела. В этом случае после снятия внешних усилий атомы не возвращаются в свои исходные положения устойчивого равновесия, т.е. наступает пластическая деформация.

При обработке давлением возникает напряжённое состояние, которое характеризуется схемой главных напряжений. Всего имеется девять схем напряжённого состояния: четыре объёмных, три плоских и две линейных (рис. 2).

Схемы, имеющие напряжения одного знака (минус – сжатие или плюс – растяжение), называются одноимённые, а разных знаков – разноимённые.

Пластичность зависит не только от свойств металла (сплава), но и от механической схемы деформации.

При разработке технологии обработки металлов давлением нужно стремиться к созданию условий, обеспечивающих достаточную пластичность металла при наименьших усилиях и, следовательно, наименьшем расходе энергии на выполнение технологической операции.

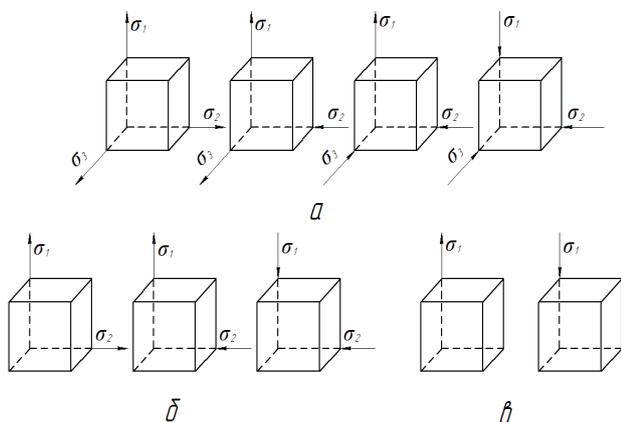


Рис. 2. Схемы напряжённого состояния: а – объёмное; б – плоское; в – линейное

Металл после обработки давлением приобретает выраженную анизотропию свойств. При этом прочностные характеристики (временное сопротивление, предел текучести в различных направлениях) изменяются меньше, чем пластические (относительное удлинение, ударная вязкость и даже износостойкость).

При разработке технологических режимов обработки металлов давлением важно иметь характеристики пластичности металла при различных температурах и скоростях деформации для назначения безопасных для усталости металла степеней деформации.

Установить единый показатель пластичности, аналогично показателю сопротивления деформации – пределу текучести, не представляется возможным, поскольку пластичность зависит от механической схемы деформации и не является константой металла.

В связи с этим для оценки пластичности применяют несколько показателей, каждый из которых называют показателем единичной пластичности. К

таким показателям следует отнести: относительную деформацию при осадке образца до появления первой трещины; ударную вязкость; сужение площади и др.

Относительная деформация при осадке образца до появления первой трещины:

$$\Delta = \frac{h_0 - h_1}{h_0}, \tag{1}$$

где h_0 – исходная высота образца; h_1 – высота в момент появления первой трещины на боковой поверхности образца.

Этот показатель широко применяют для оценки пластичности в процессе обработки давлением в условиях всестороннего трения. Однако этот метод оценки пластичности является субъективным, так как появление первой трещины определяется визуально.

Ударная вязкость не является характеристикой только пластичности, поскольку работа при изломе образца зависит от величины деформации до излома и от сопротивления деформации. Поэтому при малой пластичности и высокой прочности вязкость может быть такой же, как при высокой пластичности и малой вязкости.

Кроме указанных методов оценки пластичности, применяют также методы, приближающиеся по условиям деформации к тем или иным технологическим процессам обработки давлением.

На пластичность металла оказывают влияние следующие основные факторы: химический и фазовый состав; температура; скорость деформирования.

Влияние химического состава. Различные металлы и их сплавы имеют различные показатели пластичности и неодинаково сопротивляются пластическому деформированию. Чистые металлы имеют большую пластичность чем их сплавы, а однофазные структуры более пластичны, чем двухфазные. Это же относится и к наличию в металлах труднорастворимых химических соединений.

Влияние скорости деформирования. Скорость деформирования материала при обработке давлением в значительной степени определяется скоростью перемещения обрабатывающего инструмента, хотя и не идентична ей.

Для определения механических свойств металлов их обработку следует производить со скоростями деформирования не превышающими 10 мм/с.

В первом приближении можно сказать, что при увеличении скорости деформации напряжение текучести возрастает, а пластичность падает.

С увеличением скорости деформации особенно резко снижается пластичность высоколегированной стали и некоторых медных сплавов.

Скорость деформации при холодной обработке давлением оказывает значительно меньшее влияние на пластичность, чем при горячей. Скорость деформации может быть определена величиной относительного изменения размеров тела в единицу времени в направлении действующей силы, т.е.:

$$W = \frac{v_{cp}}{\Delta h_{cp}}, \tag{2}$$

где v_{cp} – средняя скорость инструмента во время деформирования; Δh_{cp} – средняя величина деформации.

При обработке давлением в холодном состоянии увеличение скорости деформации выше некоторых значений приводит к повышению температуры обрабатываемого материала вследствие выделения значительной теплоты трения на плоскостях скольжения, которая не успевает распространиться в пространстве. Повышение температуры приводит к разупрочнению и повышению пластических свойств.

5. Выводы

Пластичность обрабатываемого материала определяется следующими факторами.

1. Схемой напряжённого состояния.
2. Химическим и фазовым составом.
3. Температурой.
4. Скоростью деформирования.
5. Применяемым методом обработки.

Литература

1. Килов А.С. Обработка металлов давлением в промышленности / А.С. Килов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 266с.
2. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением / В.Л. Колмогоров. – М.: Металлургия, 1986. – 689с.
3. Tschatsch H., Koth A. Metal Forming Practice: Processes – Machines – Tools. Springer, 2006. – 415p.