

Типичный процесс термической обработки изделия из углеродистой стали включает в себя аустенизацию, закалку и отпуск. DEFORM-HT может спрогнозировать фазовые превращения, объемную составляющую металлической фазы, содержание углерода и твердость материала. Так же могут быть определено коробление изделия и распространение остаточных напряжений.

DEFORM-HT

В качестве примера выбрано коническое зубчатое колесо, изготовленное из стали. Во время аустенизации деталь нагревается до критической температуры 1500 градусов по Фаренгейту. Во время цементации колесо нагрели до температуры в печи выше критической (1675 градусов по Фаренгейту) и выдержали при этой температуре в течение 2 часов. При данном процессе поверхность зубчатого колеса науглероживается через механизм управляемого диффузионного процесса. DEFORM-HT спрогнозировал глубину науглероженного слоя и помог при оптимизировании времени цементации, а также среды, необходимой для получения требуемой глубины науглероженного слоя.

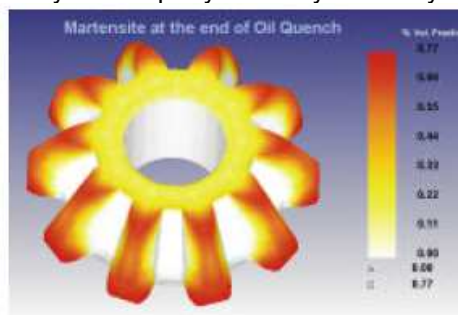


Рис. 1: Красным цветом показаны зоны с высокой объемной долей мартенсита после закалки в масле

Достигнутая твердость была получена за счет закалки в масле. На рисунке 1 (см. выше) показано зубчатое колесо с объемной долей мартенсита от 0,66 до 0,77. С помощью моделирования термообработки была определена твердость на зубьях от 47 до 51 единиц по Роквеллу. После закалки в масле, остаточные окружные сжимающие напряжения вблизи поверхности зубьев колеса превышали 210 ksi (килофунтов на квадратный дюйм), в то время как остаточные растягивающие напряжения в сердцевине не превышали 160 ksi.

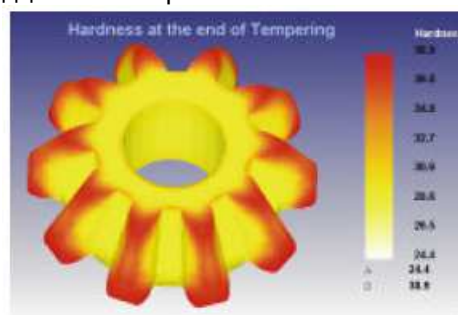


Рис. 2: На рисунке показана твердость после операции отпуска (красным цветом показаны максимальные значения)

Во время процесса отпуска производили нагрев зубчатого колеса до температуры 475 градусов по Фаренгейту и охлаждали на спокойном воздухе. Процесс отпуска повышает ударную вязкость и пластичность и одновременно снижает остаточные напряжения в изделии. На рисунке 2 показана твердость, равная 39 единиц по Роквеллу, которая была снижена во время операции отпуска. На рисунке 3 показано значительное снижение остаточных напряжений. После операции отпуска остаточные напряжения в колесе находились в диапазоне от 99 ksi (сжимающие напряжения) до 130 ksi (растягивающие напряжения). Из-за того, что снизились остаточные напряжения, при последующей механической обработке так же снизилось коробление формы зубчатого колеса.

Наш адрес:

ООО «АРТЕХ»
127015, Москва, ул. Новодмитровская,
д.5А, стр. 1, оф.1509Б

Телефон/факс: (495) 795-64-48

Web: www.artech-eng.ru

E-mail: info@artech-eng.ru

DEFORM-HT представляет собой мощный инструмент для оптимизации процессов термической обработки. В результате моделирования было получено зубчатое колесо, в котором нет трещин, а также оно обладает низкими остаточными напряжениями и менее подвержено короблению во время последующих операций механической обработки.

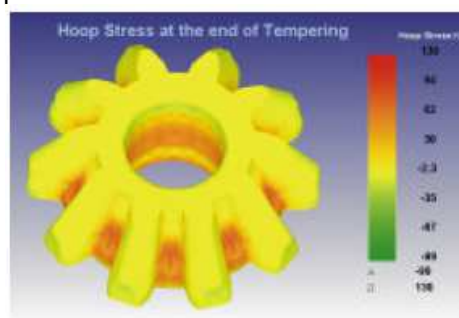


Рис. 3: Остаточные окружные напряжения после отпуска (красным цветом показаны растягивающие напряжения).

Шаблон Shape Rolling

Уже много лет пользователи моделируют процессы сортовой прокатки в DEFORM-3D. За это время уже было опубликовано несколько статей на данную тему. Не смотря на то, что полученные результаты несут в себе полезную информацию, сам процесс моделирования прокатки занимает очень длительное время. Кроме того, необходимо сильное измельчение сетки и уменьшение времени расчетного шага, для избегания эффекта искусственного «проскальзывания» во время моделирования процесса.

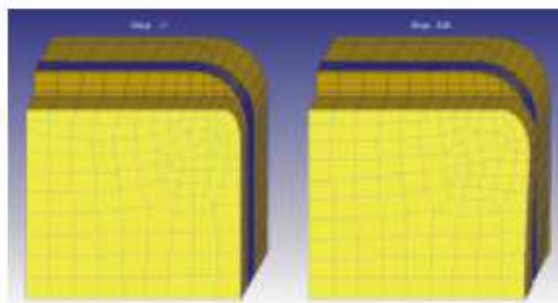


Рис. 4: На рисунке слева показано предположение распределения начальной сетки. На рисунке справа показано распределение сетки, основанное на фактических полях скоростей.

Все это привело к использованию для моделирования прокатки Произвольного метода Лагранжа-Эйлера (ALE). В результате, система позволяет более эффективно моделировать процессы однопроходной или многопроходной прокатки. Эта система позволяет более детально проанализировать форму калибра валков, зазор между валками, а также исследовать широкий диапазон различных параметров.

При Лагранжевом решении сетка движется вместе с заготовкой. При Эйлеровой схеме используется сетка, зафиксированная в пространстве и времени. В ALE методе сетка не препятствует течению материала, не зафиксированного в пространстве. При текущей реализации метода сторона, растянутая во время прокатки, может быть спрогнозирована, в то время как плоскости, перпендикулярные направлению прокатки, останутся плоскими и перпендикулярными направлению прокатки.

Наш адрес:

ООО «АРТЕХ»
127015, Москва, ул. Новодмитровская,
д.5А, стр. 1, оф.1509Б

Телефон/факс: (495) 795-64-48

Web: www.artech-eng.ru

E-mail: info@artech-eng.ru

Скорость и стабильность работы решателя находится на достаточно высоком уровне. В качестве простого примера рассмотрим процесс прокатки полосы квадратного сечения, размером 6 дюймов, в плоских валках диаметром 30 дюймов со скоростью вращения 50 оборотов в минуту. Для ускорения расчета на заготовке использовалась четверть симметрии. Сетка на заготовке состояла из 4356 гексагональных (кубических) элементов. Обжатие по высоте заготовки составило 0,7 дюйма. Расчет этого процесса на компьютере с процессором с тактовой частотой 1,6 GHz занял 2,3 часа. На рис. 6 показаны три временных шага, за которые решение достигает установившегося режима (цветом показана эпюра эффективных деформаций).

Для более быстрой подготовки исходных данных был разработан специальный препроцессор. Этот препроцессор в виде шаблона позволяет пользователю пройти алгоритм ввода данных значительно проще, чем в стандартном открытом графическом интерфейсе. На рис. 5 показано одно из окон данного препроцессора. Все используемые формы калибров валков берутся из стандартной библиотеки примитивов форм калибров валков, параметры которых определяет пользователь. Геометрию калибров валков, отличающуюся от представленных в библиотеке, можно импортировать из CAD моделей.

В ближайшее время будет опубликована дополнительная информация о шаблоне Shape Rolling. На ежегодной конференции пользователей компания SFTC планирует провести практический семинар по использованию данного шаблона. Как всегда, все возможные обновления и улучшения шаблона Shape Rolling будут основаны на потребностях пользователей.

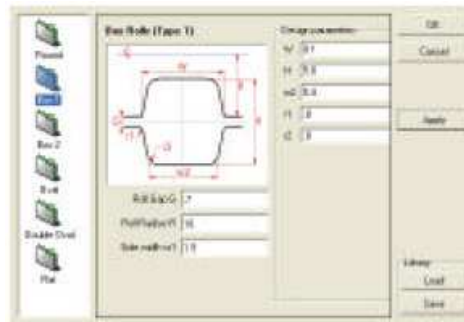


Рис. 5: На рисунке показан выбор формы поперечного сечения валков с учетом зазоров в окне специального препроцессора. Форма поперечного сечения валков основана на определенных пользователем примитивах.

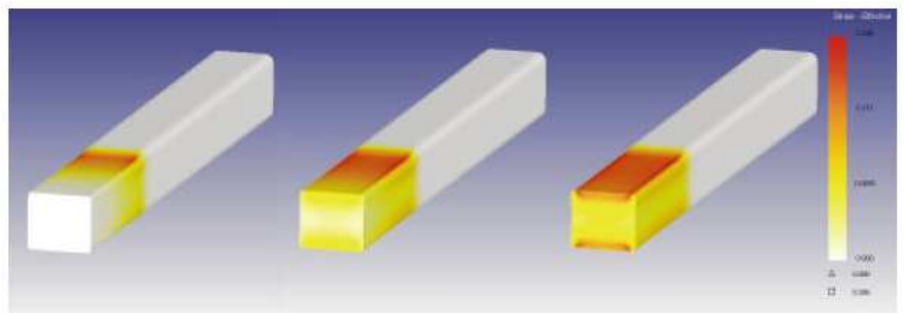


Рис. 6: Цветом показана эпюра эффективных деформаций во время процесса прокатки (слева направо). Красным цветом показаны наибольшие значения эффективной деформации.

Наш адрес:

ООО «АРТЕХ»
127015, Москва, ул. Новодмитровская,
д.5А, стр. 1, оф.1509Б

Телефон/факс: (495) 795-64-48
Web: www.artech-eng.ru
E-mail: info@artech-eng.ru

Перевод осуществлен компаниями ООО «Артех» и ООО «НТП «РадиалПро».