

УДК 621.7.011

УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛИ МАТЕРИАЛА В QFORM НА ОСНОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОСАДКИ ОБРАЗЦА

Резвых Руслан Викторович

*Инженер ООО «КванторФорм»,
аспирант 2-го года обучения кафедры «Технологии обработки давлением»*

*Научный руководитель: А.В. Власов,
доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии обработки давлением»*

Введение

При моделировании холодной объемной штамповки одним из наиболее важных факторов, влияющих на сходимость результатов моделирования с технологическим процессом, является реологическая модель материала. В отличие от случая горячей штамповки, где силы и напряжения в инструменте играют менее значительную роль, в холодной штамповке этот вопрос стоит более остро. Реологическая модель из стандартных баз данных может иметь расхождение со свойствами реального материала до 15-20%, так как основана на данных справочников и лабораторных исследований, не учитывает состояние поставки, старение материала.

В статье описана методика уточнения материала для программы QForm на примере стали 40X для холодного деформирования. Методика основана на проведении эксперимента, моделировании этого эксперимента и сравнении полученных данных.

Эксперимент

Так как обычно на предприятиях имеется входной контроль материала, такой как осадка образца, то и в методике предлагается производить модификацию реологии на основании эксперимента-осадки. Для получения наиболее точных данных температурно-скоростные условия и условия трения эксперимента должны быть максимально приближены к условиям технологического процесса.



Рис. 1. Осаженный образец

По данным эксперимента строится зависимость силы деформирования от хода. В случае, когда имеется возможность провести несколько экспериментов, следует построить усредненную кривую. В представленном примере эксперимент проводился на гидравлическом прессе Instron-DX600 (номинальная сила 600 кН). На прессе установлен динамометрический датчик и подключен компьютер с программным обеспечением BlueHill, позволяющим получить график силы по ходу в формате .csv (данные, разделенные запятой). Этот формат легко читается MS Excel с помощью которого и предлагается производить обработку данных (рис. 1).

В примере осаживались три заготовки из стали 40Х. Размер заготовок 25х40мм. Скорость деформирования – 0.2 мм/сек.

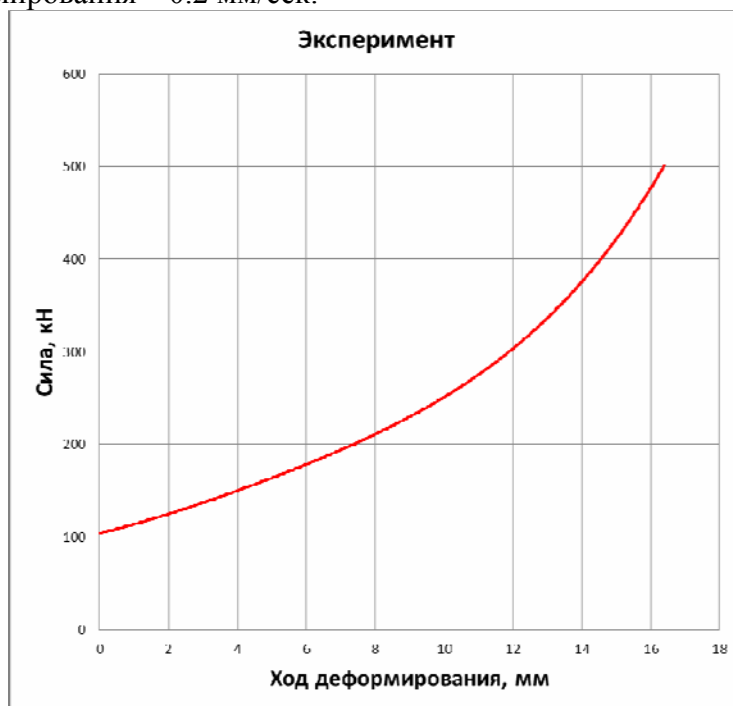


Рис. 2. Экспериментальный график сила-ход

Моделирование

Моделирование (1/4 заготовки с симметрией, 3D задача, рис. 2) в программе QForm проводилось при параметрах, максимально приближенных к условиям эксперимента, но, так как невозможно точно определить условия трения (на предприятии это особенно актуально), было решено провести три варианта моделирования - для трех факторов трения (0, 0.3 и 0.8).

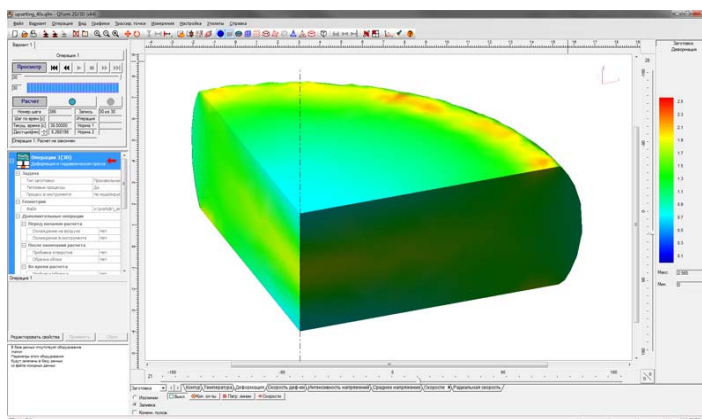


Рис. 3. Моделирование в QForm

Полученные графики силы от деформации, определяют область, в которую, при адекватной реологической модели материала, должен попасть график силы от деформации, построенный по результатам эксперимента. При этом, как известно, при осадке условия трения крайне слабо влияют на силу при деформации, меньшей, чем 0.5 – 0.6.

По результатам моделирования также строятся графики силы по ходу – в той же системе координат, что и экспериментальный график (рис. 2).

Как видно из примера (рис. 2) экспериментальный график оказался выше области, образованной тремя графиками, полученными в результате моделирования, отклонение при этом составляет от 13% до 23%, но характер кривой соответствует. Это свидетельствует о том, что реологическая модель материала недостаточно точна и требуется её модификация.

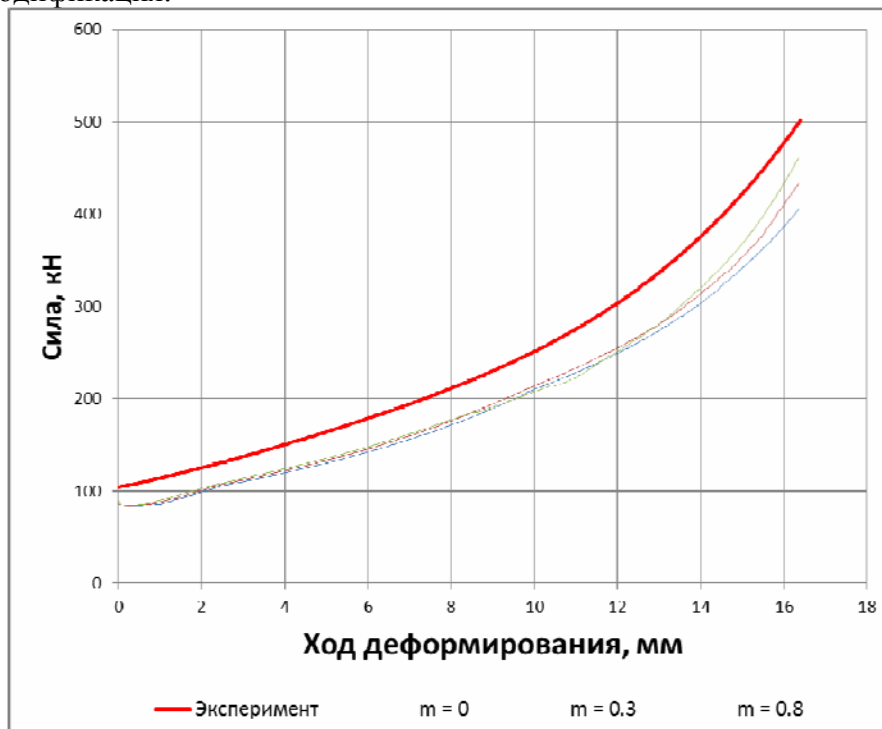


Рис. 4. Экспериментальный график сила-ход и графики, полученные при моделировании эксперимента с различными коэффициентами трения

Модификация реологической модели

Для получения поправочного коэффициента нужно умножить значения силы для трёх графиков моделирования так, чтобы в начале процесса совпадали с графиком, полученным в результате обработки экспериментальных данных. При этом график эксперимента должен находиться между графиками для максимального ($m = 0.8$) и минимального ($m = 0.0$) трения (рис. 5). Если эти два условия не могут быть выполнены одновременно, то реологическая модель значительно отличается от свойств материала и требуется более глубокое исследование или выбор другого материала из базы данных. В примере поправочный коэффициент был равен $k=1.2$.

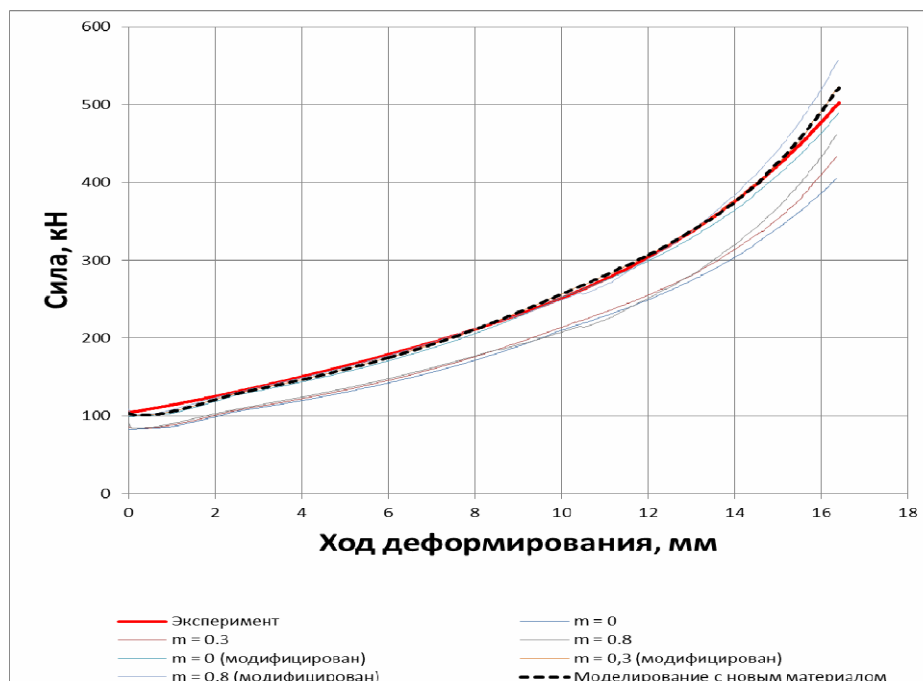


Рис. 5. Модификация реологической модели

На том же рисунке показан график силы по ходу, полученный с помощью моделирования с модифицированным материалом.

Если реологическая модель задана формулой Хензеля-Шпиттеля [1], то для модификации достаточно умножить коэффициент A на полученный поправочный коэффициент.

$$\sigma = A \cdot e^{-m_1 \cdot T} \cdot \varepsilon^{m_2} \cdot e^{(-m_4 \cdot \varepsilon)} \cdot \dot{\varepsilon}^{m_3}$$

где A, m_1, m_2, m_3, m_4 - эмпирические коэффициенты;

T - температура, $^{\circ}\text{C}$;

ε - деформация;

$\dot{\varepsilon}$ - скорость деформации, $1/\text{с}$.

Полученный коэффициент может использоваться в качестве масштабного коэффициента для модификации реологической модели.

Выводы

Модификация реологической модели позволяет снизить погрешность расчета до 3 – 5%, но требует проведения дополнительных опытов. Для получения максимально точных результатов пробные эксперименты должны быть максимально приближены к технологическому процессу. В статье рассмотрен пример модификации материала 40Х на базе эксперимента осадки, но для прикладных задач желательна модификация на базе экспериментов, приближенных или повторяющих не только температурно-скоростные условия и условия трения, но и напряженно-деформированное состояние того технологического процесса, для которого предназначен испытываемый материал.

Литература

1. Хензель, Шпиттель Т. Расчет энергосиловых параметров в процессах обработки металлов давлением: Справ. изд. пер. с нем. М.: Металлургия, 1982, 360 с.