

© Ю.Н. Логинов, Е.А. Батуева, 2012 г.
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург
a-lizzi@yandex.ru

© А.И. Потанов, 2012 г.
Институт машиноведения УрО РАН,
г. Екатеринбург
potanov_ai@list.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ КРЕМНЕМАРГАНЦОВИСТОЙ СТАЛИ 08Г2С

Представлены результаты экспериментов по определению сопротивления деформации кремнемарганцовистой стали 08Г2С при температурах холодной, теплой и горячей деформации.

Сопротивление деформации – одна из важнейших реологических характеристик металлов и сплавов, определяющая энергосиловые параметры процессов обработки давлением, таких как прокатка, волочение. Эти процессы являются основными при производстве проволоки из стали 08Г2С. Анализ технической литературы [1, 2 и др.] показал отсутствие или недостаточность данных по сопротивлению деформации указанной стали.

Эксперименты по определению сопротивления деформации стали 08Г2С проведены на пластометре кулачкового типа, установленном в Институте машиноведения УрО РАН, по подробно описанной методике ([3]), с использованием осадки цилиндрических образцов диаметром $\varnothing 10 \pm 0,1$ и высотой $15 \pm 0,1$ мм,

Образцы были изготовлены из катаных прутков 12 мм в состоянии поставки и имели твердость 173...177 НВ

Сталь имела следующий химический состав (масс. %):

0,06 С; 0,74 Si; 1,82 Mn; 0,002 S; 0,011 P; 0,008 Ni; 0,05 С; 0,07 Cu.

Осадку образцов осуществляли при температурах холодной (20, 300 °С), теплой (400, 500, 600, 700 °С) и горячей (800, 900, 1000, 1100, 1200 °С) деформации и при скоростях деформации ξ , равных 1,0; 10,0 и 50,0 с⁻¹, которые оставались постоянными в течение всего процесса осадки благодаря соответствующему профилю кулачков пластометра и конструкции привода пластометра, обеспечивающего постоянство скорости вращения кулачкового вала.

Отметим, что скорость деформации рассчитывали как $\xi = v/h_i$, где v – скорость перемещения ползуна с деформирующим бойком, мм/с, h_o – исходная, h_i – текущая высота образца, мм.

Нагрев образцов для испытаний осуществляли в электрической печи. Время нагрева – от 5 до 30 минут в зависимости от температуры нагрева. Образцы перед нагревом помещали в круглый металлический контейнер между деформирующими бойками. Пространство между образцом и стенками контейнера заполняли теплоизоляцией (каолиновой ватой), что несколько удлиняло процесс нагрева, но практически предотвращало охлаждение образца перед осадкой (не более 3–4 °C).

Для обеспечения равномерной деформации и напряженного состояния металла образца, близкого к одноосному, использовали смазки, состав которых меняли в зависимости от температуры испытания:

- сульфитно-спиртовая барда + графит (при 20–400 °C);
- поваренная соль NaCl (при 500–700 °C);
- соль NaCl + молотое стекло (при 800 °C);
- молотое стекло (при 900–1200 °C).

Пластометр оснащен системой сбора и обработки информации на базе ПЭВМ Pentium 3 с быстродействующим аналого-цифровым преобразователем АЦП PCI-1713, пакетами GeniDAQ и WinDAQ в ее составе с программным обеспечением GENIE (Advantech). Используемые программные комплексы сбора и регистрации данных осуществляли вывод результатов испытаний в формате Microsoft Excel в виде графиков изменения силы деформации (измерялась месдозой) и перемещения ползуна (измерялось ходомером) по ходу осадки. Указанные графики обрабатывали по специально разработанной программе.

В результате были получены кривые течения (упрочнения) сталей – кривые изменения сопротивления деформации σ_s с увеличением истинной (логарифмической) деформации при осадке $e = \ln h_o/h_i$ (h_o и h_i – начальная и текущая высота образца) при фиксированной температуре T и скорости деформации ξ .

Результаты исследования – кривые упрочнения стали $\sigma_s = f(e)$ представлены на рис. 1.

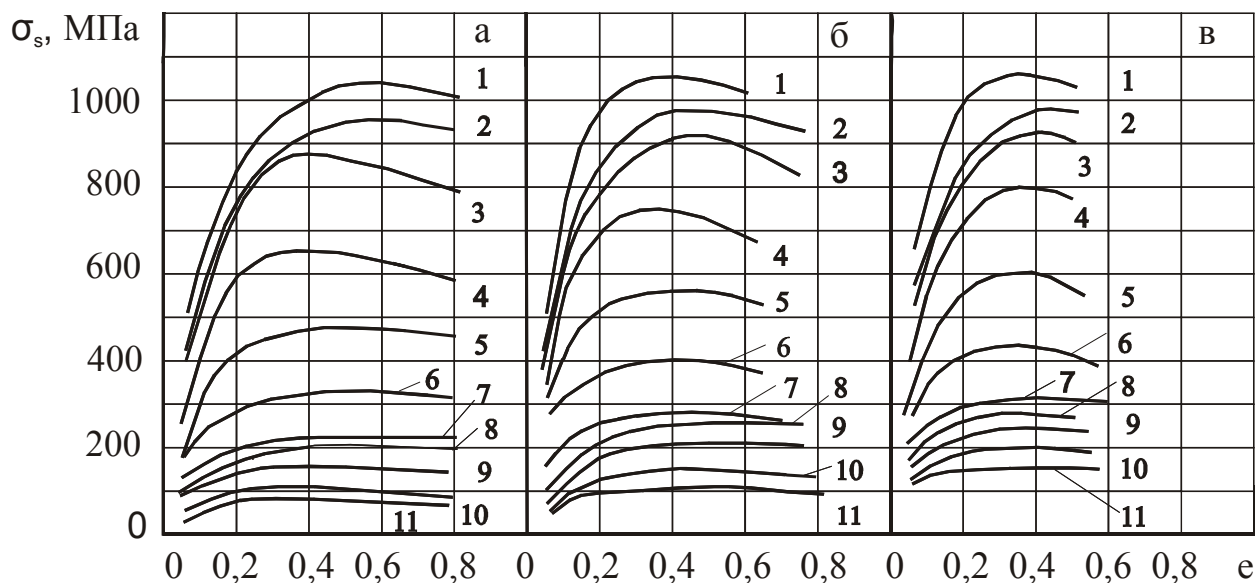


Рис. 1. Кривые упрочнения стали 08Г2С при осадке со скоростями деформации ξ , равными: а – 1,0; б – 10,0; в – 50,0 c^{-1} , при температурах $T, ^\circ\text{C}$: 1 – 20; 2 – 200; 3 – 400; 4 – 500; 5 – 600; 6 – 700; 7 – 800; 8 – 900; 9 – 1000; 10 – 1100; 11 – 1200.

Из анализа графиков видно, что кривые имеют максимум в интервале степеней деформаций $\epsilon = 0,30 - 0,45$, который более четко проявляется при температурах холодной и теплой деформации. На первом этапе осадки (до достижения указанной степени деформации) имеет место интенсивное упрочнение металла в результате увеличения плотности дислокаций (наклепа). При дальнейшем увеличении степени деформации происходит динамическое разупрочнение [4] за счет динамического возврата и динамической полигонизации (при температурах ниже температуры рекристаллизации обработки) и за счет процессов динамической рекристаллизации (при температурах горячей обработки).

При температурах горячей деформации кривые течения становятся более пологими, незначительное упрочнение (повышение σ_s) наблюдается лишь на начальном этапе осадки. При температурах 900 $^\circ\text{C}$ и выше поведение стали близко к поведению жесткопластических среды.

При скоростях деформирования $\xi = 1,0$ и 10,0 c^{-1} с повышением температуры максимум на кривых $\sigma_s - \epsilon$ смещается в сторону меньших деформаций: стадия деформационного упрочнения сокращается, а динамическое разупрочнение начинается раньше. При более высокой скорости (50,0 c^{-1}), более характерной для прокатки и волочения, положение максимума практически не зависит от температуры деформации, а разупрочнение происходит более интенсивно.

Список использованных источников

1. *Полухин П.И., Гун Г.Я., Галкин А.М.* Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов. – 2-е изд., перераб. и доп. Справочник. М.: Металлургия, 1988. 352 с.

2. *Кроха В.А.* Упрочнение металлов при холодной пластической деформации. Справочник. М.: Машиностроение, 1980. 157 с.

3. *Потапов А.И., Мазунин В.П., Двойников Д.А., Коковихин Е.А.* Методика исследования сопротивления деформации на пластометрическом комплексе // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. № 9. Т. 76. С. 59–63

4. *Горелик С.С., Добаткин С.В., Капуткина Л.М.* Рекристаллизация металлов и сплавов. – 3-е изд-е. М.: МИСиС, 2005. 432 с.