

О. П. МАКСИМОВА и А. И. НИКОНОВА

**К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ДЕФОРМАЦИИ НА КИНЕТИКУ
МАРТЕНСИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ**

(Представлено академиком И. П. Бардиным 17 IX 1951)

Исследования, проведенные нами ранее на сталях и безуглеродистых сплавах, имеющих мартенситную точку около 0° , показали во всех случаях качественно однозначную картину: предварительная пластическая деформация при всех степенях обжатия (изменявшихся в широких пределах — от 2—3 до 50—70%) * увеличивала устойчивость аустенита по отношению к последующему глубокому охлаждению, притом тем сильнее, чем больше была степень обжатия; скорость изотермического превращения аустенита в мартенсит под влиянием предварительной пластической деформации уменьшалась при всех температурах (1). Этот вывод несколько противоречил нашим представлениям о воздействии пластической деформации на состояние аустенита и изменение его устойчивости с возрастанием степени деформации, согласно которым замедляющее действие деформации можно было ожидать при относительно больших обжатиях.

Изменение скорости превращения может происходить в общем случае под влиянием двух причин: изменения скорости образования зародышей новой фазы и изменения размеров образующихся кристаллов. Предполагалось, что деформация может оказывать влияние на оба эти фактора, изменяя их в противоположном направлении и с неодинаковой интенсивностью на разных стадиях обжатия. Поэтому ожидалась более сложная зависимость скорости мартенситного превращения от воздействия предварительной пластической деформации.

С одной стороны, деформация должна способствовать более интенсивному протеканию превращения вследствие увеличения потенциальных мест возникновения зародышей мартенсита. Причем благоприятное действие этого фактора на скорость мартенситного превращения должно быть сильным уже при малых степенях деформации. С другой стороны, предполагалось, что пластическая деформация может уменьшать скорость превращения аустенита в мартенсит вследствие возникновения плоскостей скольжения, приводящих к ограничению когерентного роста кристаллов мартенсита (преждевременному «срыву» на границе растущего кристалла); затормаживающее влияние данного фактора должно быть тем более сильным, чем выше степень деформации.

Поэтому замедляющего действия деформации можно было ожидать лишь при относительно больших степенях деформации. Предполагалось, что малые степени деформации, приводящие к небольшим искажениям кристаллической решетки, но не вызывающие еще обильного числа плоскостей скольжения, не только не должны затормаживать последующее

* Сжатие под прессом при комнатной температуре.

превращение, но, наоборот, должны активизировать его благодаря увеличению скорости образования зародышей мартенсита.

Для выяснения этого вопроса было проведено подробное исследование влияния пластической деформации на кинетику мартенситного превращения никелевых и марганцовых сталей, имеющих различную мартенситную точку.

В свете задач, поставленных исследованием, особый интерес представляли стали с низкими мартенситными точками. Вследствие относительно большой отдаленности мартенситных точек от температуры де-

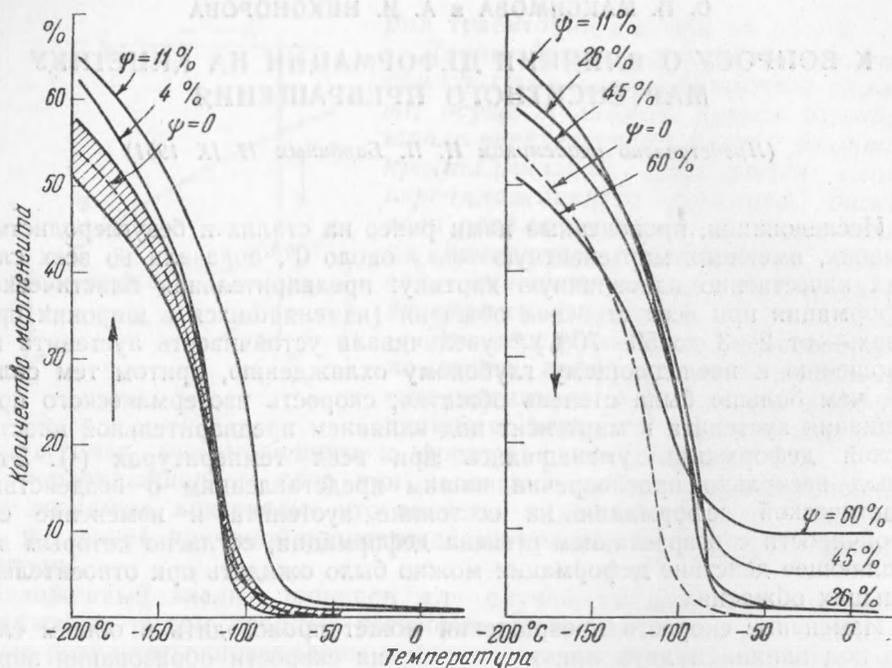


Рис. 1. Влияние степени деформации на превращение аустенита в мартенсит при непрерывном глубоком охлаждении. Сталь 50Н23 (0,50% С, 23,5% Ni). Штриховкой обозначен разброс точек от образца к образцу для недеформированного состояния

формации (20°), в этих сталях, даже при больших степенях обжатия, эффект превращения под нагрузкой был незначительным. Можно было ожидать, что для таких сталей диапазон степеней деформации, еще не вызывающих превращения под нагрузкой, будет широким и поэтому на них удобно будет исследовать изменение устойчивости аустенита при относительно малых степенях обжатия.

Результаты исследования подтвердили предположение о существовании более сложной зависимости между степенью деформации и способностью аустенита превращаться при последующем охлаждении. При этом, как и предполагалось, действительная, более сложная картина влияния деформации наиболее ярко выявилась на сталях с низкой мартенситной точкой.

Тщательное изучение * влияния относительно малых степеней деформации показало, что во всех случаях с повышением степени предварительной деформации вначале действительно наблюдается повышение

* Подбор образцов для исследования проводился с большой тщательностью путем предварительного построения мартенситной кривой для каждого отдельного образца. Для дальнейших экспериментов, связанных с изучением деформации, были отобраны образцы, показавшие практически одинаковые мартенситные точки и эффекты охлаждения.

интенсивности превращения. Кривые охлаждения, снятые с образцов, деформированных на относительно малые степени обжатия, для всех сталей были расположены выше соответствующих кривых охлаждения недеформированных образцов. Это увеличение интенсивности превращения наблюдалось только до определенной степени деформации, характерной для каждой стали (см. рис. 1).

Кривые, характеризующие зависимость эффектов превращения от степени деформации, имели, таким образом, максимум, который наиболее ярко проявлялся на ранних стадиях превращения, при относительно высоких температурах (вблизи T_m) (см. рис. 2 а, б). Этот максимум, соответствующий минимальной устойчивости аустенита, лежал, как правило, в области деформаций, не вызывающих еще превращения под нагрузкой, и отвечал тем большей степени обжатия, чем ниже была мартенситная точка стали. Так, в стали, имеющей мартенситную точку около -90° (0,5% С, 23,5% Ni), максимум отвечал около 15% обжатия (рис. 2 а); в стали с более высокой мартенситной точкой, равной -15° (1,0% С, 2,7% Mn), максимум соответствовал уже 5—7% обжатия (рис. 2 б). Наконец в стали с мартенситной точкой $+7^\circ$ (0,6% С, 17,5% Ni), в которой даже небольшие степени обжатия

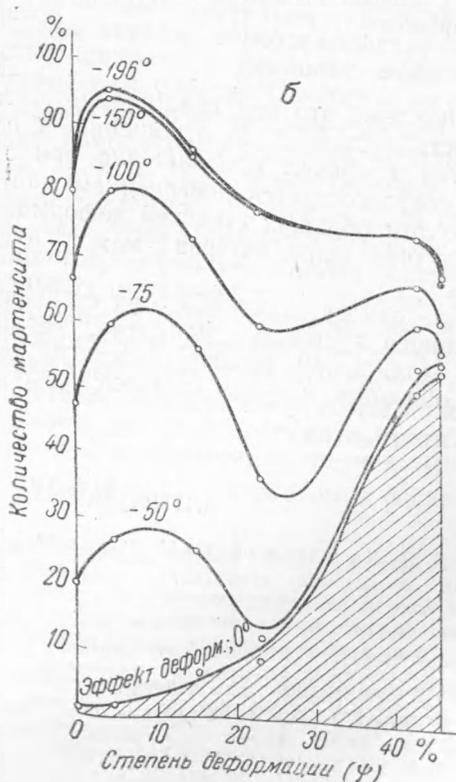
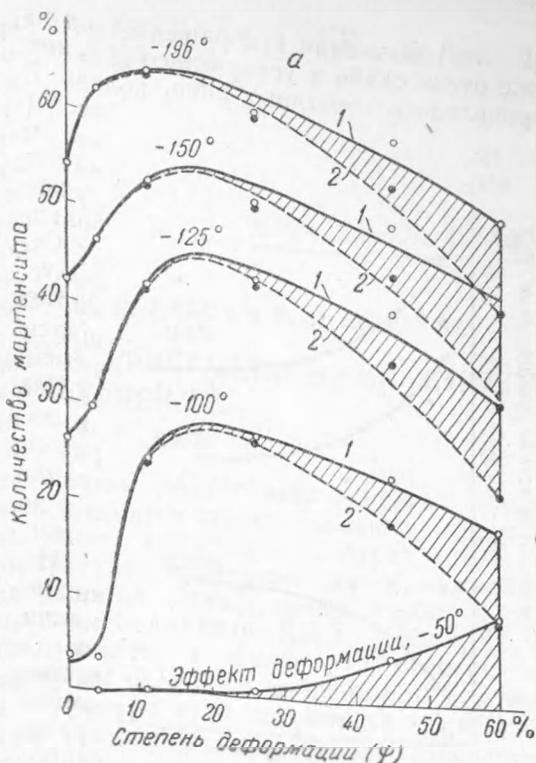


Рис. 2. Влияние степени деформации на эффект превращения аустенита в мартенсит при глубоком охлаждении до различных температур. а — сталь 50H23 (0,50% С, 23,5% Ni); б — сталь 100M3 (1,0% С, 2,7% Mn). 1 — суммарный эффект превращения, 2 — эффект превращения при охлаждении

(2—3%) вызвали превращение под нагрузкой, максимум был выражен уже очень слабо и ускоряющее влияние относительно малой деформации проявлялось отчетливо лишь вблизи T_m . В сталях, исследованных ранее (1), характеризующихся высокими мартенситными точками, вместо максимума на аналогичных кривых, в лучшем случае, наблюдались лишь небольшие горизонтальные площадки.

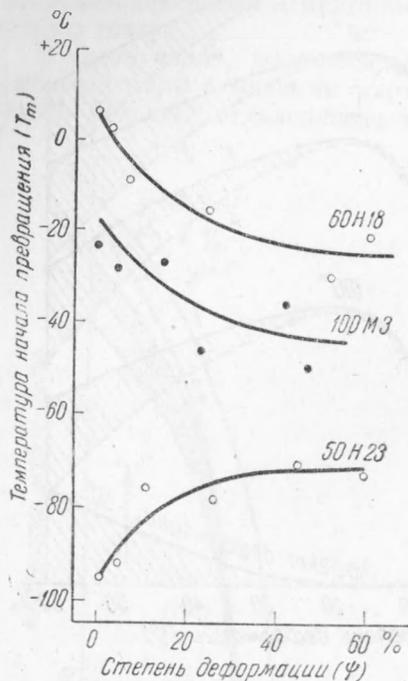


Рис. 3. Влияние степени деформации на мартенситную точку сталей 50Н23, 100М3 и 60Н18

Особый интерес представляет тот факт, что в сталях, имеющих низкую мартенситную точку и характеризующихся довольно широким диапазоном активизирующего воздействия относительно малых деформаций, увеличение интенсивности процесса отчетливо выражено не только в увеличении эффектов превращения при охлаждении, но и в довольно сильном повышении мартенситной точки (см. рис. 3).

Изменение эффектов превращения, наблюдаемое при воздействии деформации, не может быть отнесено за счет изменения количества исходного аустенита (остающегося после деформации и могущего участвовать в превращении при охлаждении). Об этом наиболее убедительно свидетельствует образование максимума в интервале деформаций, сохраняющих 100% непревращенного (под нагрузкой) аустенита.

Таким образом, экспериментально установлено, что под действием относительно малых деформаций устойчивость аустенита по отношению к последующему охлаждению уменьшается и эффект превращения при охлаждении возрастает. Это явление сопровождается повышением мартенситной точки и распространяется до тем больших степеней деформации, чем ниже мартенситная точка стали (чем шире интервал между точкой T_m и температурой деформации).

При относительно больших степенях обжатия устойчивость деформированного аустенита, напротив, увеличивается и эффект превращения при охлаждении убывает, достигая сначала эффекта недеформированных образцов, а затем становясь значительно менее его.

Поступило
25 VII 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Г. В. Курдюмов, О. П. Максимова и Т. В. Тагунова, ДАН, 73, № 1 (1950).