Доклады Академии наук СССР
1955. Том 103, № 4

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Л. В. СМИРНОВ, Е. Н. СОКОЛКОВ и В. Д. САДОВСКИЙ

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В АУСТЕНИТНОМ СОСТОЯНИИ НА ХРУПКОСТЬ ПРИ ОТПУСКЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 1 III 1955)

При отпуске конструкционных легированных сталей монотонное падение твердости почти никогда не сопровождается столь же монотонным подъемом ударной вязкости. Сопротивление удару с ростом температуры отпуска обнаруживает значительное падение: один раз при отпуске на 250—400° (необратимая отпускная хрупкость) и второй раз — при отпуске на 500—550° или в результате замедленного охлаждения после более высокого отпуска (обратимая отпускная хрупкость).

Необратимая отпускная хрупкость обычно связывалась с процессами карбидообразования при отпуске мартенсита ([1], [2]). Обратимая отпускная хрупкость объясняется главным образом также процессами выделения из α-твердого раствора при более высоких температурах ([3], [4]).

Известно, что при развитии и первого и второго вида хрупкости падение ударной вязкости сопровождается возникновением хрупкого межкристаллического излома по границам старых аустенитных зерен ([5]).

Очевидная связь необратимой и обратимой отпускной хрупкости с процессами, происходящими на границах аустенитных зерен, позволяет ставить вопрос о влиянии состояния аустенита перед закалкой на развитие указанных видов хрупкости. Мы провели изучение влияния пластической деформации прокаткой в аустенитном состоянии перед закалкой на развитие необратимой и обратимой отпускной хрупкости. Оказалось, что при совмещении прокатки с закалкой в условиях, исключающих рекристаллизацию наклепанного аустенита, наблюдается значительное подавление развития как необратимой, так и обратимой отпускной хрупкости. Прокатка производилась на лабораторном ручьевом стане с квадрата 10 × × 10 мм на квадрат 8,5 × 8,5 мм.

Закалка производилась немедленно после выхода образца из ручья, чем и достигалось подавление процесса рекристаллизации деформированного при прокатке аустенита. Специальными опытами установлено, что малейшая задержка образца перед закалкой в течение 10—20 сек. приводит к рекристаллизации аустенита, и указанный эффект не наблюдается.

На рис. 1 представлены результаты испытаний зависимости ударной вязкости от температуры отпуска для сталей 40ХН4 и 35ХГС после нормальной закалки и после закалки, следующей непосредственно за пластической деформацией. Температура нагрева в том и другом случае составляла 1000°. Прокатка производилась после подстуживания до 900°, что облегчало подавление рекристаллизации наклепанного аустенита.

Из приведенных данных видно, что в то время как после нормальной закалки обе стали в резкой форме подвержены как тому, так и другому виду хрупкости, пластическая деформация в аустенитном состоянии с последующей закалкой при исключении процесса рекристаллизации подавляет развитие хрупкости и, что особенно интересно, ликвидирует харак-

терное разрушение по границам аустенитного зерна. При всех температурах отпуска излом имеет матовый волокнистый вид, без каких-либо следов хрупкого межкристаллического разрушения.

Объяснение описанного эффекта термомеханической обработки, заключающейся в совмещении пластической деформации в аустенитном

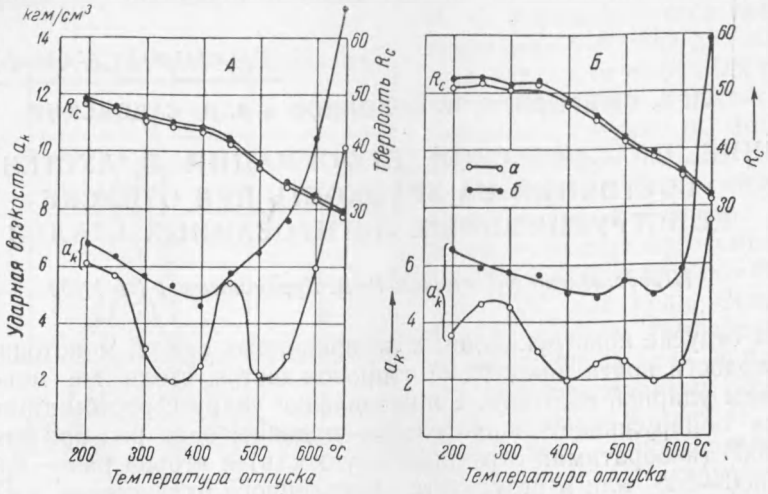


Рис. 1. Зависимость ударной вязкости от температуры отпуска после обычной закалки и после термомеханической обработки. *А* — сталь 40ХН4, *Б* — сталь 35ХГС. *а* — обычная закалка в масле, *б* — закалка из валков в масле

состоянии с закалкой стали, можно было бы видеть в изменении формы аустенитных зерен. Вытянутость зерен вдоль направления прокатки должна затруднять распространение трещины излома по границам зерна. Однако специальными опытами было установлено, что благоприятное действие термомеханической обработки наблюдается и при незначительных деформациях — около 10%, когда изменение формы аустенитного зерна почти незаметно.

Можно предполагать, что пластическая деформация приводит к изменению характера распределения и кинетики выделения фаз, вызывающих развитие хрупкости того и другого вида.

В заключение можно отметить, что одновременное подавление обратимой отпускной хрупкости в результате термомеханической обработки свидетельствует о том, что механизм возникновения обоих видов хрупкости одинаков.

Институт физики металлов
Уральского филиала Академии наук СССР

Поступило
23 II 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. С. Завьялов, К теории легирования и термической обработки стали, М., 1943. [2] L. I. Klingler, W. I. Barnett et al., TASM, **46** (1954). [3] Г. В. Курдюмов, Р. И. Энтин, Отпускная хрупкость конструкционных сталей, М., 1945. [4] В. И. Архаров, Тр. Инст. физики металлов, 8 (1946). [5] В. Д. Садовский, Г. Н. Богачева, М. П. Браун, Сборн. Проблемы конструкционной стали, М., 1949.