

М. В. Майсурадзе, М. А. Рыжков, Ю. В. Юдин, А. А. Каменская
ФГАОУ ВПО УрФУ,
г. Екатеринбург
e-mail: 20983@rambler.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФУЗИОННОГО ОТЖИГА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СТЕПЕНИ СТРУКТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ В СТАЛЯХ

Исследовано влияние гомогенизирующего отжига на степень структурной полосчатости стали 25Г2С2Н2МА. Проведена оценка степени структурной полосчатости исследуемой стали с использованием стандартных методик, микроструктурного анализа и измерения микротвердости. Установлено, что проведение гомогенизирующего отжига приводит к существенному уменьшению структурной полосчатости стали.

Ключевые слова: сталь; диффузионный отжиг; структурная полосчатость; коэффициент анизотропии; микроструктура; твердость.

The effect of homogenizing on the structure banding of steel is studied. The degree of structure banding is estimated using standard methods and by means of microstructure and hardness analysis. It is found that homogenizing leads to the sufficient decrease in structure banding.

Keywords: steel; homogenizing; structure banding; anisotropy index; microstructure; hardness.

Проведено исследование влияния гомогенизирующего отжига после кристаллизации стали на структурную неоднородность, проявляющуюся после горячей прокатки в виде полосчатости. Исследуемым материалом являлась высокопрочная сталь 25Г2С2Н2МА, одна плавка которой (№ 1) после кристаллизации подвергалась кратковременной выдержке при температуре 1250 °С в течение 3 ч, а другая (№ 2) – длительному гомогенизирующему отжигу при температуре 1250 °С в течение 15...17 ч.

Образцы стали двух исследуемых плавки подвергались закалке в масле от температуры 925 °С с последующим отпуском в течение 8 ч в температурном диапазоне 200...500 °С.

На рис. 1 приведена микроструктура образцов стали разных плавки после закалки в масло и отпуска при температуре 200 и 500 °С в течение 8 ч. После закалки и низкотемпературного отпуска структура стали обеих плавки представляет собой мартенсит с небольшим количеством нижнего бейнита (рис. 1, а, б) с уровнем твердости 44...46 НРС. При повышении температуры отпуска до 300 °С существенных структурных изменений в стали не происходит. Уровень твердости также снижается незначительно (рис. 2).

При повышении температуры отпуска до 400...500 °С происходит выделение карбидных частиц. При этом в структуре стали плавки № 1 наблюдаются светлые участки, в которых выделение карбидной фазы еще не началось (рис. 1, в). Эти участки также обладают и повышенным уровнем твердости. Твердость стали после отпуска при температуре 400 °С составила 43 HRC для плавки № 1 и 40 HRC для плавки № 2. Более высокий уровень твердости стали плавки № 1 связан с наличием в структуре светлых участков с повышенной твердостью. При температуре отпуска 500 °С уровень твердости стали плавки № 1 (39 HRC) также превышает твердость стали плавки № 2 (37 HRC) вследствие наличия светлых областей с повышенной твердостью, в которых процессы выделения карбидной фазы протекают замедленно.

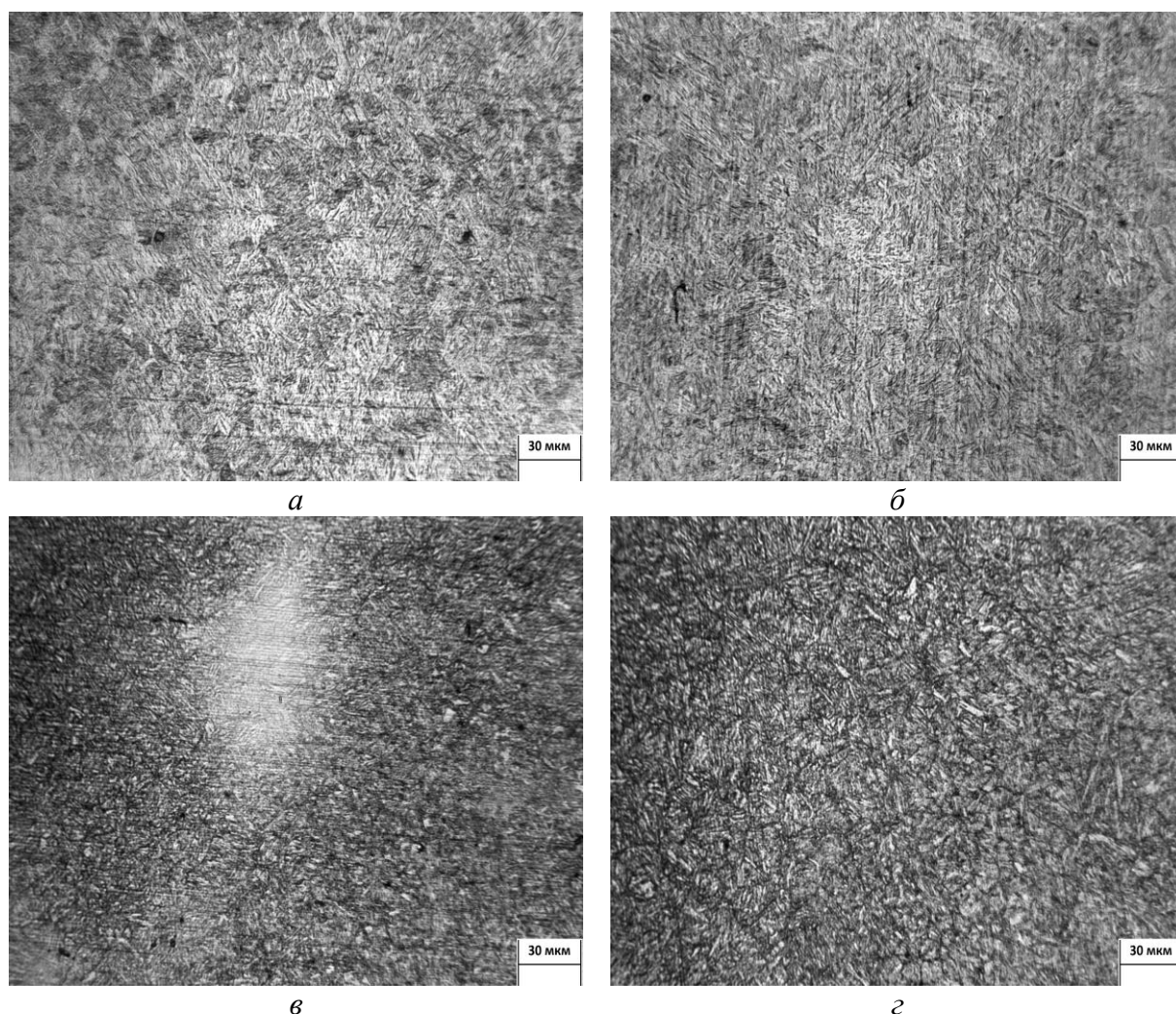


Рис. 1. Микроструктура стали 25Г2С2Н2МА после закалки и отпуска в течение 8 ч при температуре 200 °С (а, б) и 500 °С (в, г);
а, в – плавка № 1; б, г – плавка № 2

Локальное замедление процессов, протекающих при отпуске, является следствием химической неоднородности стали, которая формируется на стадии кристаллизации металла и наследуется при последующей про-

катке. Химическая неоднородность становится причиной структурной неоднородности, проявляющейся при последующей термической обработке [1]. Различная степень химической и структурной неоднородности стали 25Г2С2Н2МА разных плавков объясняется применением различной продолжительности гомогенизирующего отжига слитков.

Для количественной оценки структурной неоднородности разных плавков стали 25Г2С2Н2МА был использован метод оценки структурной полосчатости по стандарту ASTM E1268. Анализ проводился для образцов стали 25Г2С2Н2МА после закалки и отпуска при температуре 500 °С в течение 8 ч, когда визуально наблюдалась максимально контрастная структурная неоднородность (рис. 3). Всего было исследовано по 10 полей зрения для каждого образца.

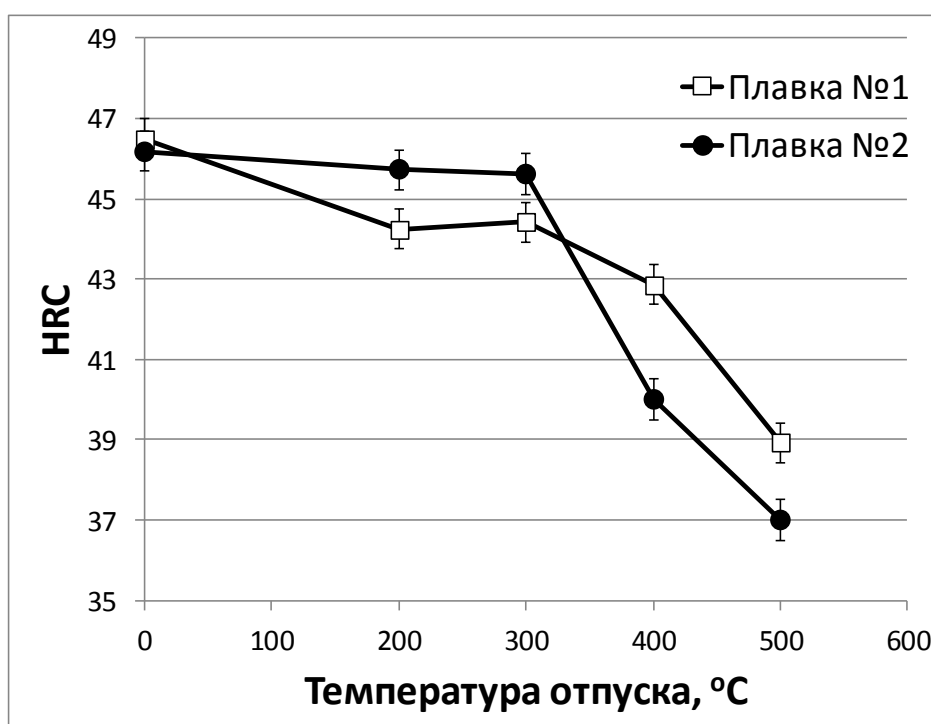


Рис. 2. Зависимость твердости от температуры отпуска стали 25Г2С2Н2МА разных плавков

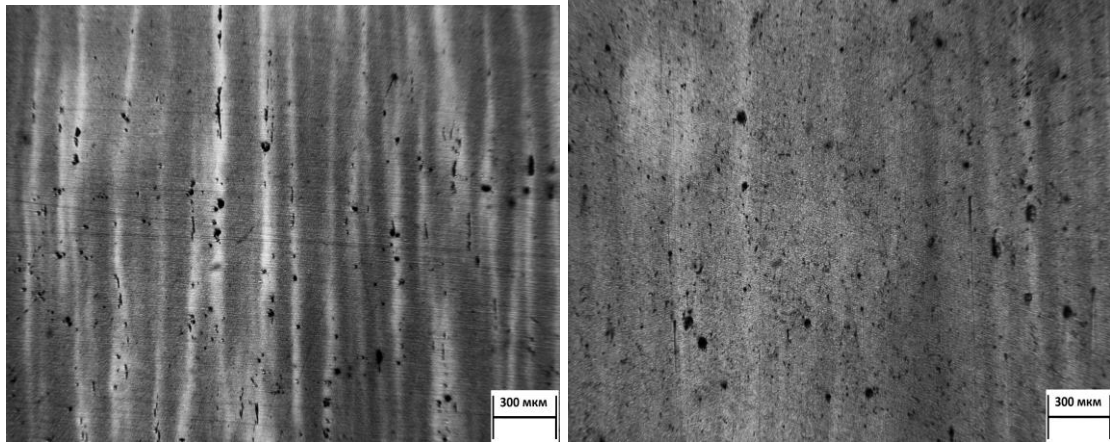


Рис. 3. Структурная полосчатость стали 25Г2С2Н2МА (закалка от 925 °С, масло, отпуск 500 °С, 8 ч): *а* – плавка № 1; *б* – плавка № 2

В результате было установлено, что коэффициент анизотропии стали плавки № 1 составляет $9,0 \pm 1,5$, а для стали плавки № 2 – $4,0 \pm 1,3$. Таким образом, микроструктура стали плавки № 2 более, чем в 2 раза однороднее по сравнению со сталью плавки № 1. То есть длительный гомогенизирующий отжиг, проведенный после кристаллизации стали плавки № 2, позволил существенно уменьшить химическую и структурную неоднородность.

Список литературы

1. *Tasan C. C.* Microstructural banding effects clarified through micrographic digital image correlation // *C. C. Tasan, J. P. M. Hoefnagels, M.G.D. Geers. Scripta Materialia.* 2010. Vol. 62, № 11. P. 835–838.