

В.А. ЛУЦЕНКО, канд. техн. наук,  
В.В. ПАРУСОВ, д-р техн. наук (ИЧМ\* НАН Украины)

## РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ АУСТЕНИТА В СТАЛИ 80 ПРИ ТЕМПЕРАТУРНО-ДЕФОРМАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ

Технологические свойства проката определяются закономерностями структурных и фазовых превращений в сталях (параметрами температурно-деформационной обработки) [1, 2].

В зависимости от условий проведения горячей деформации (варьирование температуры, степени, скорости деформации, времени последеформационной выдержки) может наблюдаться широкий спектр структурных состояний деформированного металла: от горяченаклепанного до статически рекристаллизованного. Эти структурные состояния, зафиксированные охлаждением, и определяют комплекс механических свойств металла при комнатной температуре, причем не только в случае сохранения однофазного состояния в процессе охлаждения, но и при фазовом превращении.

В работах [3–5] изучалось влияние температурно-деформационных параметров на величину аустенитного зерна в среднеуглеродистых и легированных сталях. В развитие отмеченных работ изучено влияния этих параметров при контролируемой прокатке и контролируемом охлаждении, в частности углеродистой стали.

Изучение влияния температурно-деформационных параметров горячей прокатки на величину аустенитного зерна проводили на образцах из стали 80. Прокатку осуществляли с единичным обжатием 15%, с термической обработкой по следующей схеме: при моделировании процесса контролируемой прокатки – охлаждение до 950...800 °С, прокатка с последующей изотермической выдержкой (1, 10, 100 и 1000 с) при температурах прокатки и охлаждение в воде; при моделировании контролируемого охлаждения – прокатка при температуре 1050 °С, последующая изотермическая выдержка (1, 10, 100 и 1000 с) при температурах в соляной ванне до 950...800 °С. Последней операцией было охлаждение в воде (необходимо для фиксации аустенитного зерна) и последующий низкотемпературный отпуск закаленных образцов.

Представленные на рис. 1 диаграммы рекристаллизации аустенита свидетельствуют об аномальном изменении величины его зерна по мере снижения температуры изотермической выдержки после высокотемпературной деформации. Это изменение может быть обусловлено последовательным протеканием процессов метадинамической и повторной рекристаллизации и разной степенью их развития.

---

\* Институт черной металлургии.

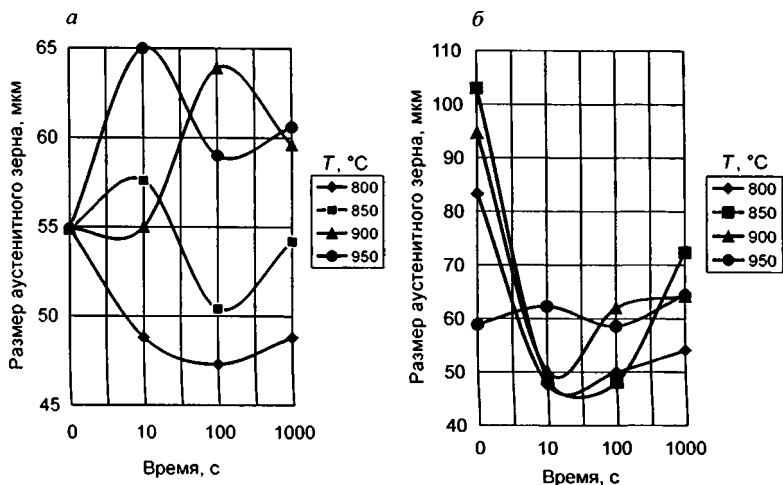


Рис. 1. Зависимость размера зерна аустенита стали 80 от времени выдержки в изотермических средах с различной температурой при степени деформации 15 % после контролируемого охлаждения (а) и контролируемой прокатки (б)

Известно [1], что если по окончании горячей деформации подвергать динамически рекристаллизованный металл выдержкам при температуре конца горячей деформации, в нем должны протекать процессы статической полигонизации или статической рекристаллизации. На самом же деле в процессе изотермических последеформационных выдержек в горячедеформированном металле происходит измельчение зерен. Это явление связывают с повторной рекристаллизацией, отличающейся от известного явления вторичной рекристаллизации, когда некоторые зерна, имеющие после первичной рекристаллизации выгодную ориентацию, растут за счет других зерен. Повторная рекристаллизация связана с формированием новых объемов (центров), способных к последующему росту за счет матрицы горячедеформированного металла, в которой в той или иной степени прошли процессы динамической рекристаллизации, но сохранилась повышенная плотность дислокаций.

В зависимости от длительности изотермических выдержек были установлены нижеследующие закономерности изменения аустенитного зерна.

Процессы метадинамической рекристаллизации наиболее полно протекают при температуре 850 °С, а повторной рекристаллизации — при 900 °С. В интервале изотермических выдержек 10...100 с происходит измельчение аустенитного зерна, а в интервале 100...1000 с — укрупнение его, что обусловлено возникновением и последующим ростом центров повторной рекристаллизации.

При подстуживании перед контролируемой прокаткой после высокотемпературного (1050 °С) нагрева происходит существенное укрупнение аустенитного зерна, что вызвано развитием собирательной рекристаллизации после термопластической деформации, обусловленной процессом

подстуживания, а также возникающей при этом избыточной концентрацией вакансий. Последующее однократное обжатие не приводит к такому же радикальному измельчению аустенита зерна, которое наблюдается при многократном обжатии [1].

Следует отметить, что непосредственно после деформации при контролируемой прокатке наблюдаются крупные вытянутые зерна аустенита, которые при последующей статической рекристаллизации измельчаются. Сравнение различных процессов обработки показывает, что на начальных стадиях аустенитное зерно при контролируемой прокатке обладает большим размерным разбегом, чем при контролируемом охлаждении.

Для производства углеродистой катанки (в частности, канатной и для металлокорда) можно рекомендовать режимы контролируемого охлаждения, при которых прошли наиболее полно процессы повторной, но не начались процессы собирательной рекристаллизации. Такие рекристаллизованные аустенитные зерна при последующем превращении дадут однородное действительное зерно и мелкодисперсную перлитную структуру.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бернштейн М.Л., Займовский В.А., Капуткина Л.М.* Термомеханическая обработка стали. М.: Металлургия, 1983. 480 с.
2. *Корчинский М.* Высокотемпературная контролируемая прокатка низколегированных сталей // *Сталь*. 1990. № 7. С. 85 – 92.
3. Влияние режимов регулируемого двухстадийного охлаждения на микроструктуру и обезуглероженность катанки из углеродистой стали / В.В. Парусов, В.А. Луценко, В.К. Бабич и др. // *Сталь*. 1992. № 4. С. 66 – 68.
4. *Узлов И.Г., Парусов О.В., Нестеренко А.М.* Зависимость процессов рекристаллизации аустенита в бористой стали 20Г2Р от технологической схемы температурно-деформационной обработки // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 1998. № 2. С. 12 – 13.
5. Особенности рекристаллизации аустенита углеродистой стали 45 при контролируемой прокатке / В.В. Парусов, В.А. Луценко, В.О. Сивак и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Киев: Наук. думка, 2001. Вып. 4. С. 167 – 170.

УДК 621.791.76

**В.Н. КОВАЛЕВСКИЙ, д-р техн. наук, С.В. ГРИГОРЬЕВ (БНТУ)**

## **ЭРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СЛОИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ**

Процессы эрозионного износа рабочих поверхностей под воздействием газового потока высокого давления (300...350 МПа) при температурах до 2000 °С и скорости газового потока 400 м/с и механическое истирание поверхностей в значительной степени определяют работоспособность ма-