

УДК669.15'786–194.56:669.065.5

Т. В. Князюк*, Н. С. Новосколыцев

НИЦ Курчатовский институт — ЦНИИ КМ Прометей, г. Санкт-Петербург

**mail@crism.ru*

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ АУСТЕНИТА ВЫСОКОПРОЧНЫХ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ

Исследована рекристаллизация аустенита среднеуглеродистой стали при температуре деформации 850–1180 °С со скоростями ($\dot{\epsilon}$) 1–100 с⁻¹. Установлено, что при увеличении $\dot{\epsilon}$ от 1 до 100 с⁻¹ время завершения статической рекристаллизации при $T > 950$ °С сокращается в 10 раз, пороговая деформация начала динамической рекристаллизации возрастает при увеличении $\dot{\epsilon}$ от 1 до 10 с⁻¹ и резко снижается при 100 с⁻¹ и $T \leq 950$ °С.

Ключевые слова: динамическая рекристаллизация, статическая рекристаллизация, высокоскоростная деформация, среднеуглеродистая сталь, горячая прокатка, горячая штамповка, аустенитное зерно.

T. V. Kniazziuk, N. S. Novoskoltsev

FEATURES OF STRUCTURE FORMATION OF AUSTENITE HIGH-STRENGTH MEDIUM- CARBON STEELS AT HIGH-RATE HOT DEFORMATION

Recrystallization of austenite in medium-carbon steel at deformation with rate ($\dot{\epsilon}$) 1–100 с⁻¹ at temperature 850–1180 °С is investigated. It is established that increase of $\dot{\epsilon}$ from 1 to 100 с⁻¹ reduces completion time of static recrystallization at $T > 950$ °С by 10 times, whereas threshold strain to begin dynamic recrystallization grows at increase of $\dot{\epsilon}$ from 1 to 10 с⁻¹ and decreases sharply at 100 с⁻¹ and $T \leq 950$ °С.

Key words: dynamic recrystallization, static recrystallization, high rate deformation, medium carbon steel, hot rolling, hot stamping, austenitic grain.

Многократная рекристаллизация аустенита в процессе горячей прокатки широко используется для формирования его структуры перед полиморфным превращением стали [1]. В отличие от прокатки, проблема создания заданной структуры аустенита при высокоскоростной деформационной обработке (ковка и штамповка) практически не решалась. Однако формирование мелкозернистого аустенита при таких технологиях позволило бы увеличить вязкость стали, что весьма актуально для штампованных тяжелонагруженных деталей. Целью работы является исследование динамической (ДР) и статической (СР) рекристаллизации аустенита высокопрочной среднеуглеродистой стали (химический состав приведен ниже) при высокотемпературной (850–1180 °С) деформации со скоростями 1–100 с⁻¹.

Химический состав стали Б1500 с указанием массовой доли элементов, % [2]

Марка	C	Si	Ni+ Mn+Cu	Cr+Mo	Ti	V	Nb	Al	Ca	B
Б1500	0,33– 0,35	0,10– 0,30	1,25–1,8	0,45–0,75	0,03	0,02	0,02	0,02– 0,05	0,03	0,003

Согласно результатам исследования СР аустенита стали Б1500, при увеличении скорости деформации ($\dot{\epsilon}$) от 1 до 100 с⁻¹ при $T = 950$ °С время завершения СР уменьшается от 20 до 10 сек, при $T = 1050$ °С — от 3 до 0,3 сек. При $T \geq 1150$ °С после завершения СР происходит собирательная и вторичная рекристаллизация, ухудшающие структуру аустенита [3]. При исследовании ДР выявлены следующие особенности:

1. Увеличение пороговой деформации (ϵ_p) при повышении $\dot{\epsilon}$, характерное для ДР, наблюдается в диапазоне $\dot{\epsilon} = 1–10$ с⁻¹. Так, при $T = 1150$ °С ϵ_p увеличивается с 0,25 до 0,4, а при завершении ДР формируются равноосные зерна аустенита ($D_z = 20$ мкм). При $T = 1050$ °С пики напряжения заменяются его стагнацией на диаграмме деформирования, структура аустенита разнотернистая. При $T = 950$ °С ДР не протекает вплоть до истинной деформации $\epsilon = 1,2$.

2. При $\dot{\epsilon} = 100$ с⁻¹ и $T = 850–950$ °С в аустените стали Б1500 протекает аномальная низкотемпературная ДР, которая сопровождается пиками напряжений на диаграмме деформирования при деформациях, значительно меньше расчетных значений. При этом формируется од-

нородная дисперсная структура аустенита ($D_3 = 8$ мкм). Такой структурообразующий процесс обнаружен впервые.

Полученные результаты позволяют выбирать режимы штамповки,ковки или прессования высокопрочной среднеуглеродистой стали, контролирующей степень рекристаллизации аустенита и, соответственно, обеспечивая заданный комплекс механических свойств стали.

Литература

1. Zisman A. A., Soshina T. V., Khlusova E. I. Maps of structure changes in austenite of low carbon steel 09CRNi2MoCuV // Inorganic Materials : Applied Research. 2014. Т. 5, № 6. Р. 570–577.
2. Хлусова Е. И. Высокопрочная износостойкая сталь для сельскохозяйственных машин : пат. 2606825 Рос. Федерация: МПК С22С 38/54; заявитель и патентообладатель ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» № 2015125002 ; заявл. 2015.06.24. Оpubл. 2017.01.10. Бюл. № 1.
3. Effect of ther at eofhotcompressive deformation on the kinetic sofdynamic and static recrystallization of novel medium-carbonmedium-alloysteel / T. V. Knyazyuk [et al.] // Metal Scienceand Heat Treatment. 2018. Т. 59, № 11–12. Р. 682–688.