

# ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ С РАЗЛИЧНОЙ МОРФОЛОГИЕЙ ПЕРЛИТА С ПОМОЩЬЮ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ

© 2022 г. Щапова Елизавета Андреевна<sup>1\*</sup>, А. Н. Сташков<sup>1\*\*</sup>, А. П. Ничипурук<sup>1</sup>,  
Л. А. Сташкова

<sup>1</sup> – *Институт физики металлов имени М. Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, 620108, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18*

\* - *schapova@imp.uran.ru*; \*\* - *stashkov@imp.uran.ru*

Эвтектоидная сталь У8 нашла широкое применение на практике в качестве сырья для изготовления инструментов, рельсов и оснастки. Известно, что в зависимости от термомеханических воздействий [1,2] в структуре стали У8 может наблюдаться пластинчатый или глобулярный перлит. В некоторых случаях возможны промежуточные варианты структуры [3]. Свойства конечного изделия при механических воздействиях определяются морфологическими особенностями перлита [4]. Большое внимание в последнее время уделяется вопросу улучшения механических свойств изделий из эвтектоидной стали. Данная работа направлена на исследование напряженно-деформированного состояния эвтектоидной стали У8, обладающей структурой глобулярного и грубопластинчатого перлита, с помощью магнитного, рентгеновского методов, а также методом EBSD-анализа.

Исследования проводились на образцах из стали У8 со структурой грубопластинчатого и глобулярного перлита. Образцы представляли собой параллелепипеды длиной 250 мм и сечением 2x8 мм<sup>2</sup>. Эксперимент заключался в последовательной пластической деформации растяжением испытуемых образцов с измерением обратимой магнитной проницаемости после каждой ступени деформационного воздействия. Метод измерения обратимой магнитной проницаемости и расчета остаточных напряжений сжатия подробно описан в работе [5].

Для проведения EBSD-анализа были вырезаны образцы вблизи области разрыва. После вырезки образцы шлифовались с постепенным уменьшением зернистости наждачной бумаги. Толщина образцов после шлифовки составляла 100 мкм. Далее образцы были подвержены электрополировке в растворе Лемуара на горизонтальном участке вольтамперной характеристики для предотвращения травления структуры. Рентгеноструктурные исследования проводились на дифрактометре высокого разрешения Empyrean, в фильтрованном Cu-K $\alpha$  излучении в угловом интервале (35-125) $^\circ$  с шагом сканирования 0,013 $^\circ$ .

Полевые зависимости обратимой магнитной проницаемости были проанализированы для выделения вклада в процессы перемагничивания от необратимого

смещения 90-градусных доменных границ (ДГ) [5]. Установлено, что остаточные механические напряжения в пластически деформированных образцах стали У8 различаются в зависимости от формы перлита: в образце с пластинчатым перлитом остаточные механические макронапряжения сжатия после разрушения составляли -349 МПа против -222 МПа в образце с глобулярным перлитом. По результатам рентгеновского анализа, макронапряжения в образце с пластинчатым перлитом -342 МПа, в глобулярном -251 МПа, что достаточно близко к результатам, полученным магнитным методом.

EBSD-анализ показал, что в результате пластической деформации для образцов с грубопластинчатым перлитом характерно увеличение доли малоугловых границ между зернами (с 25 % до 80 %); для образцов с глобулярным перлитом увеличение доли малоугловых границ после деформации гораздо меньше (с 65 % до 70 %), при этом произошло резкое увеличение доли зерен с размером менее 10 мкм (с 60 % до 99 %). По картам разориентировок зерен были построены карты фактора Шмидта для системы скольжения  $\langle 110 \rangle \{ \bar{1}11 \}$ .

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», №АААА-А18-118020690196-3) при финансовой поддержке РФФИ (проекты №20-32-90139).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Счастливец В.М., Мирзаев Д.А., Яковлева И.Л., Окишев К.Ю., Табатчикова Т.И., Хлебникова Ю.В. Перлит в углеродистых сталях. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 310 С.
2. Wu T., Wang M., Gao Y., Li X., Zhao Y., Zou Q. Effects of Plastic Warm Deformation on Cementite Spheroidization of a Eutectoid Steel// Journal of iron and steel research, International. 2012. V.19. No. 8. P. 60-66.
3. Zheng C., Li L., Yang W., Sun Z. Enhancement of mechanical properties by changing microstructure in the eutectoid steel // Materials Science and Engineering: A.2012. 558. P. 158–161.
4. Toribio J. Relationship between microstructure and strength in eutectoid steels// Materials Science and Engineering A. 2004. V. 387. P. 227-230.
5. Ничипурук А.П., Сташков А.Н., Кулеев В.Г., Щанова Е.А., Осипов А.А. Методика и устройство для безградуировочного определения величины остаточных сжимающих напряжений в деформированных растяжением низкоуглеродистых сталях// Дефектоскопия. 2017. №11. С. 20-27.