

УДК 542.46

НАНОСТРУКТУРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ДЕФОРМОВАНИХ СТАЛЕЙ ПЕРЕДРЕКРИСТАЛІЗАЦІЙНОЮ ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ

Макруха Т.О.¹, Дубовий О.М.²¹кандидат технічних наук, асистент кафедри матеріалознавства та технології металів
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна;
tmakruha@gmail.com²доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри матеріалознавства та технології
металів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна

Анотація. Розглянуто вплив комбінованої деформації на термічну стабільність технічно чистого заліза, сталей 20, 45, У8, 12Х13 та 40Х шляхом комбінування різновидів деформацій. Метою роботи є підвищення термічної стабільності полігонізаційної субструктури технічно чистого заліза, сталей 20, 45, У8, 40Х та 12Х13 шляхом комбінованої деформації. Експериментально досліджено вплив розміру областей когерентного розсіювання, кількості наноструктурних елементів та кута дезорієнтації субзерен на фізико-механічні властивості, а саме твердості заліза та сталей. Установлена можливість термічної стабільності полігонізаційної субструктури в процесі передрекристиалізаційної термічної обробки після попередньої комбінованої деформації.

Ключові слова: комбінована деформація; проблеми матеріалознавства; субзерна; наноструктурні матеріали.

Підвищення фізико-механічних властивостей деформованих сталей можливе за рахунок передрекристиалізаційної термічної обробки (ПТО), яка забезпечує формування здрібненої субструктури протягом короткого (до 10 хв) часу витримки [1] є актуальним завданням сучасного матеріалознавства.

В роботі [2] встановлено можливість підвищення термічної стабільності полігонізаційної субструктури в процесі передрекристиалізаційної термічної обробки (ПТО) технічно чистих заліза і нікелю, яка полягає у проведенні холодної динамічної і статичної деформації.

Відпалені зразки технічно чистого заліза та сталей піддавали різним видам комбінованого деформування і наступній ПТО при температурі 500°C з витримкою 60 хв.

У підсумку за оптимальний вид деформації обрано комбінування холодної динамічної на 30% та статичної на 30% деформацій (сумарно на 60%), так як вона забезпечує стабільну твердість при 500°C при витримці до 60 хв. Далі застосовували саме цей спосіб комбінованого деформування.

Визначення середнього розміру областей когерентного розсіювання (ОКР) сталей 20; 45; У8; 40Х, 12Х13 (табл. 1) здійснювали за допомогою формули Шеррера (у чисельнику вказано твердість та розмір ОКР після комбінованого деформування, а у знаменнику – після комбінованого деформування та термообробки при 500°C з витримкою 60 хв).

Таблиця 1 – Твердість та середній розмір ОКР комбіновано-деформованих зразків вуглецевих та легованих сталей до (чисельник) та після (знаменник) ПТО

Марка сталі	Твердість HV ₅ , ГПа	Середній розмір ОКР, нм
Сталь 20	1,97/2,28	145/190
Сталь 40	2,24/2,44	110/180
У8	2,57/3,00	130/130
40Х	1,86/2,52	130/120
12Х13	2,02/2,83	120/110

Застосування обраної комбінованої деформації з наступною ПТО при температурі 500°C протягом 60 хв забезпечує більший розмір субзерна, ніж після деформування (сталі 20; 45) та однаковий у сталі У8, при цьому для усіх сталей характерне підвищення твердості (на 9...17 %) після комбінованого деформування і ПТО (500°C, 60 хв). У легованих сталей розмір субзерен після комбінованої деформації та ПТО менший, ніж після деформування, що забезпечує суттєве збільшення твердості (на 35...40%).

Властивості матеріалів в значній мірі залежать від відносної кількості нанорозмірних субзерен, тому визначення долі нанорозмірної складової в певній мірі дозволяє прогнозувати властивості матеріалів [3, 4]. Крім того, розміри субзерен і кути їх дезорієнтації свідчать про накопичення дислокацій у комірках, а кут дезорієнтації субзерен ще визначає термічну стабільність субграниць (табл. 2).

Наведені в табл. 2 дані свідчать про те, що комбінована деформація та наступна ПТО, яка забезпечує максимальні значення твердості, забезпечують збільшення кількості нанорозмірних субзерен щонайменше на 18% (сталь 20), максимально на 89% (сталь 12Х13), що пов'язано з великим вмістом у складі хрому. Кут дезорієнтації субзерен сталей суттєво більший після ПТО, ніж після комбінованого деформування.

Таблиця 2 – Відносна кількість нанорозмірних субзерен (чисельник, %) і кути їх дезорієнтації (знаменник, град.) деформованих технічно чистого заліза та сталей до та після передрекristалізаційної термічної обробки

Обробка	Технічно чисте залізо	Сталь 20	Сталь 45	У8	40Х	12Х13
комбіноване деформування	54/1,40	17/0,04	15/0,04	28/0,14	37/0,05	18/0,08
комбіноване деформування та термічна обробка з короткотривалою витримкою	75/2,16	20/0,10	22/0,88	42/0,21	65/0,08	34/0,16
комбіноване деформування та термічна обробка протягом 60 хв	58/1,80	16/0,08	18/0,24	19/0,19	16/0,06	12/0,14

ЛІТЕРАТУРА

[1] Пат. 95378 Україна МПК (2009) C21D8/00, C22F 1/00. Спосіб деформаційно-термічної обробки металів та сплавів [Текст] / О. М. Дубовий, Т. А. Янковець, Н. Ю. Лебедева, Ю. О. Казимиренко, О. О. Жданов, М. М. Бобров; заявник и патентовласник Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. – № а 201120102248, заявл. 01.03.2010; опубл. 25.07.2011, бюл. № 14. – 6 с.

[2] Дубовий, О. М. Вплив комбінованого деформування на термічну стабільність полігонізаційної субструктури заліза, нікелю й сталей 20; 45 [Текст] / О. М. Дубовий, Лю Шен, Т. О. Макруха // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2017. - № 1. – С. 39-47.

[3] Долгушева, Е. Б. Влияние размера и формы свободных наночастиц на локальные изменения параметра решетки и структурную стабильность ОЦК-Zr и Fe / Е. Б. Долгушева, В. Ю. Трубицын // Физика твердого тела, 2010, том 52, вып. 6. – С. 1163-1171.

[4] Марахова, А. Определение размеров наночастиц в коллоидных растворах методом динамического рассеяния света / А. Марахова, В. Жилкина, Е. Блынская, К. Алексеев, Я. Станишевский // Нано Индустрия, 2016, №1/63. – С. 88-93.

Nanostructuring of industrial deformed steels by pre-crystallization heat treatmentMakhruha Tetiana¹, Aleksandr Dubovoy²¹⁻³Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. The influence of the combined deformation on the thermal stability of the polygonization substructure of the technically clean iron and steels are shown in the article. So, the purpose of the work is the increasing of the thermal stability of the polygonization substructure by combined deformation of iron, steel 20, 45, Y8, 12X13 and 40X. The possibility of the increasing hardness on the maximum indexes are investigated and installed the optimum magnitude and species of the deformation and modes, namely temperature and time of the exposure, of the heat treatment. The possibility of the thermal stability of the polygonization substructure during pre-recrystallization heat treatment of the Fe and carbon and alloyed steels by using combined deformation is established. The decreasing of the sizes of the regions of the coherent scattering of the values of the physical and mechanical properties, such as hardness, is proved. Indexes of the quantities of nanoscale substructure elements and angle of orientation of the subgrains are calculated by methods of the harmonic analysis. The combined deformation allows the using this method for machine parts and appliances. It was shown that pre-crystallization thermal treatment allows to form a substructure with nanosized elements of size 80 nm (steel 45) in a combination of deformed steels, and their quantity can reach 75 % of the total number of structural components with a maximum angle of divergence of subgrains 2.16° (technically pure iron).

Keywords: combined deformation; problem of Material Science; subgrains; nanostructure materials.

621.923.04

**УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОГО НАСИЧЕННЯ
ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ «КОЛІНЧАСТИЙ ВАЛ – ВКЛАДИШІ»
АЛМАЗНИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ****Ошовський В.Я.¹**

*¹кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики та технологій
машинобудування Первомайської філії Національного університету кораблебудування імені
адмірала Макарова, м. Первомайськ, Україна
oshovskyvikt@ukr.net*

Анотація. Установа призначена для дослідження впливу насичення поверхонь тертя "колінчастий вал - вкладиші" алмазними включеннями на характеристики з'єднання. Процес насичення виконується сумішшю алмазної пасту і мастила при терті та стисненні поверхонь. Установка дозволяє визначати зміни мікроструктури поверхонь та триботехнічних характеристик спряження при різних режимах насичення торців циліндричних зразків. Передбачається, що можна визначити режими для одержання унікальних характеристик спряження, близьких до беззносності, з мікроструктурою поверхонь відповідно до класичного "принципу Шарпі".

Ключові слова: установка для дослідження, колінчастий вал, вкладиші, алмазна паста, притирання під тиском, насичення поверхонь, мікроструктура.

При ремонті двигунів внутрішнього згорання та компресорів важливим питанням є відновлення і підвищення зносостійкості спряжень шийок колінчастого валу. Так існують різні