

УДК 669-176:548.4

PACS number(s): 61.10.Nz, 62.20.-x, 62.20.Mk

ВПЛИВ ТЕКСТУРИ НА РУЙНУВАННЯ ТРУБИ ЗІ СТАЛІ 20

Н. Шкатуляк, О. Ткачук

*Південноукраїнський державний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського
вул. Старопортофранківська, 26, 65020 Одеса, Україна
e-mail: shkatulyak@mail.ru*

Вивчали кристалографічну текстуру труби зі сталі 20 рентгенографічним методом. Текстуру досліджували у стані поставки, після деформації внутрішнім гідравлічним тиском на 2 і 4% і після подальших циклічних випробувань пульсуючим тиском 0,3–8 МПа до руйнування. Текстура неоднорідна за перетином труби і представлена такими компонентами: 1. Текстура зсуву (площини {110} паралельні бічній поверхні, при цьому напрями <110-111> паралельні дуговому напрямку); 2. Типова текстура вальцювання (площини {001} + {112} паралельні бічній поверхні, а напрями <110> + <111> паралельні дуговому напрямку). Текстура вальцювання підсилюється зі зростанням ступеня деформації і є головною причиною крихкого руйнування труби при циклічних випробуваннях.

Ключові слова: текстура, труба, руйнування.

Пластична деформація металу у виготовленні й експлуатації листів і труб, зазвичай, приводить до формування текстури деформації. У металах і сплавах з об'ємно-центрованою кубічною (ОЦК) ґраткою кристалографічні площини сімейства {001} є основними площинами сколення [1]. Формування текстури, за якої кристалографічні площини типу {001} в листах паралельні до площини вальцювання, а в трубах – паралельні до бічних поверхонь труби, може провокувати розповсюдження крихких шаруватих тріщин [2–4].

У статті досліджували кристалографічну текстуру за перетином труби зі сталі 20 з огляду на циклічну деформацію за допомогою внутрішнього гідравлічного тиску і руйнування.

Матеріалом для дослідження послужила безшовна гарячекатана труба діаметром 325 мм, приготована безпосередньо зі злитка з товщиною стіни 8 мм. Хімічний склад сталі зазначено в табл. 1, а механічні властивості в умовах поставки зазначено в табл. 2. Кристалографічну текстуру вивчали рентгенівським методом з побудовою обернених полюсних фігур (ОПФ). Криві полюсної густини знімали на дифрактометрі ДРОН 3 у фільтрованому K_{α} -випромінюванні. Інтегральні інтенсивності дифракційних рефлексів виміряли згідно з методикою побудови ОПФ [5].

Хімічний склад трубної сталі 20

%×1000							
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
23	45	23	17	27	8	5	5

Таблиця 2

Механічні властивості трубної сталі 20

Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Удлинение, %
485	335	28,0
480	335	29,0

Розподіл полюсної густини $P(hkl)$ досліджували у різних перетинах: зовнішньому приповерхневому шарі після зняття окалини, серединному шарі, внутрішньої поверхні після зняття окалини, уздовж осі труби, в початковому стані і після деформації 2 і 4%. У всіх випадках перед зйомкою кривих полюсної густини відповідні поверхні хімічно полірували на глибину 0,1 мм для зняття спотвореного механічною обробкою шару. Еталон (зразок без текстури) був приготований з дрібної рекристалізованої тирси досліджуваної сталі. Рентгенографічно сканували зразки сталі і еталона дифрактометром ДРОН-3 в однакових геометричних умовах зйомки. Відшукували зв'язки інтегральних інтенсивностей дифракційних ліній еталона і сталі. Нормування отриманих відносин проводили за методикою Моріса [5]. З метою точності інтегральні інтенсивності дифракційних ліній першого і вищих порядків (наприклад, від (110) і (220)) враховували як середнє арифметичне.

Розподіл полюсної густини по перетину труби в початковому стані представлений на рис. 1. Залежності полюсної густини залежно від ступеня деформації внутрішнім гідравлічним тиском із зовнішньої, внутрішньої сторони і уздовж осі труби показані на рис. 2, 3 і 4, відповідно.

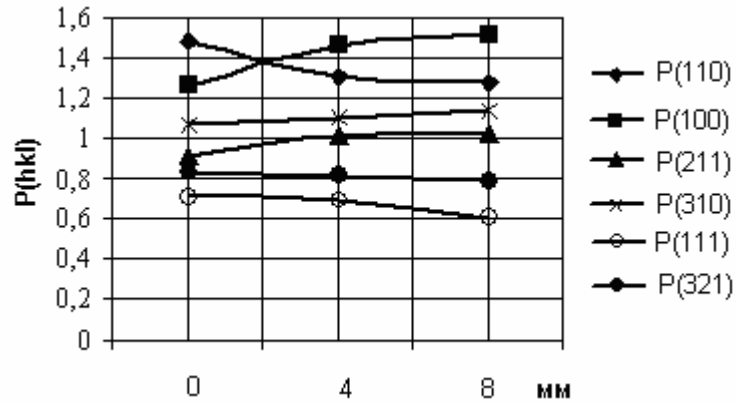


Рис. 1. Розподіл полюсної густини по перетину труби

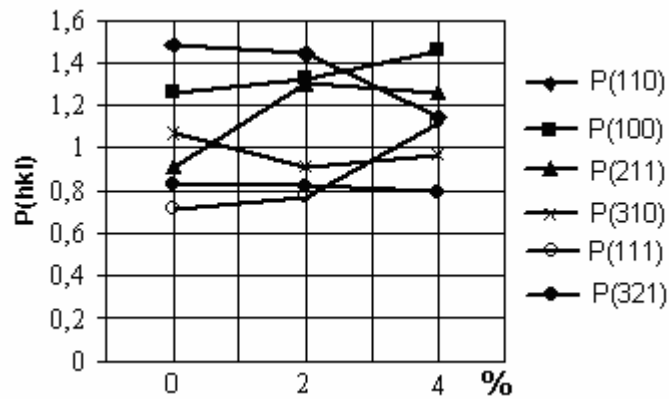


Рис. 2. Залежності полюсної густини зовнішньої поверхні труби від ступеня деформації під дією гідравлічного тиску

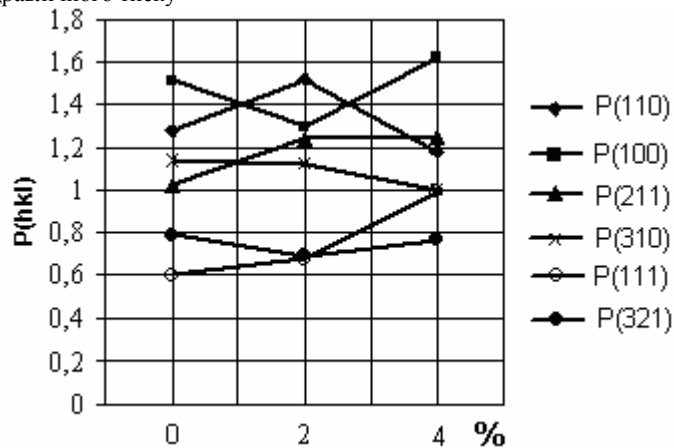


Рис. 3. Залежності полюсної густини внутрішньої поверхні труби від ступеня деформації під дією гідравлічного тиску

В початковому стані (до деформації) у приповерхневому шарі труби переважає компонент текстури чистого зсуву. При цьому кристалографічні площини сімейства $\{110\}$ паралельні до бічної зовнішньої поверхні, а кристалографічні напрями $\langle 001 \rangle$ – $\langle 112 \rangle$ паралельні осі труби. В кільцевому ж напрямі труби розташовуються кристалографічні напрями $\langle 110 \rangle$ – $\langle 111 \rangle$.

Другим компонентом текстури у цьому шарі є типова текстура деформації. Основний її компонент характерний тим, що паралельно до бічної поверхні труби розташовуються кристалографічні площини сімейства $\{001\}$. Водночас, кристалографічні напрями від $\langle 110 \rangle$ до $\langle 130 \rangle$ розташовуються паралельно як до осі, так і до твірної труби. Додатковий компонент текстури вальцювання характеризується тим, що площини $\{112\}$ розташовуються паралельно до бічної поверхні труби, а напрями $\langle 110 \rangle$ збігаються з віссю труби.

Уздовж кільцевого напрямку труби при цьому лежать напрями $\langle 111 \rangle$. У міру просування вглиб до внутрішньої поверхні виробу вищезазначена компонента текстури зсуву ослаблюється, а компоненти текстури вальцювання посилюються. На внутрішній поверхні труби компоненти текстури вальцювання є основними. Зі збільшенням ступеня деформації труби до 4% текстура зсуву ослаблюється, а типова текстура деформації посилюється.

Текстура поверхні руйнування при циклічних випробуваннях збігається з текстурою деформації, що сформувалася в процесі попередньої деформації гідродинамічним внутрішнім тиском. Це може свідчити, що в процесі руйнування пластична деформація була практично відсутня. Орієнтація кристалів по відношенню до тіла труби показано на рис. 4.

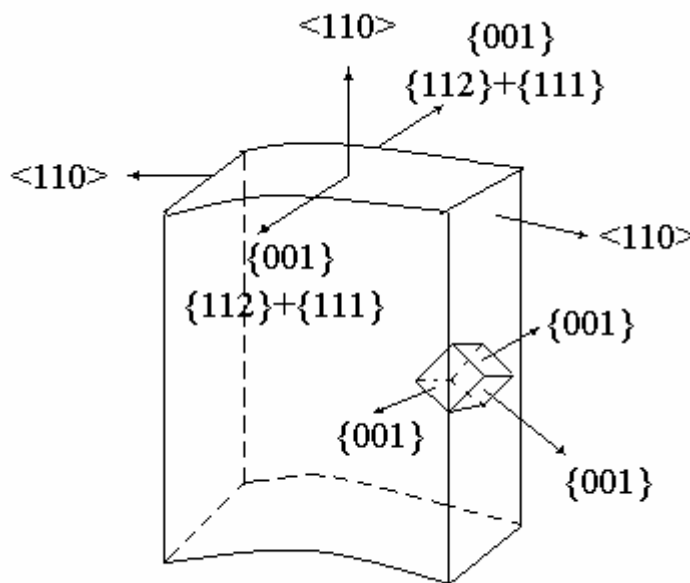


Рис. 4. Текстура труби зі сталі 20

В ході аналізу виду поверхні руйнування і орієнтації траєкторії руйнування доходимо висновків, що руйнування відбувалося шляхом відриву по кристалографічних площинах сімейства $\{001\}$ (рис. 5).

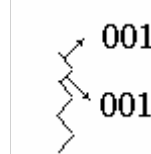


Рис. 5. Схема орієнтування поверхні руйнування

Отже, кристалографічна текстура, сформована в процесі виготовлення та випробувань, є основним чинником крихкого руйнування труби із сталі 20.

1. Баррет Ч.С. Структура металлов: в 2-х ч. / Ч.С. Баррет, Т.Б. Масальский; [пер. с англ.] – М. : Металлургия, 1984. – Ч. 2. – 344 с.
2. Усов В.В. Влияние кристаллографической текстуры на склонность к слоистому разрушению низколегированных малоперлитных сталей / В.В. Усов, Н.М. Шкатуляк, В.С. Гиренко и др. // Изв. АН СССР. Металлы. – 1990. – № 1. – С. 120–125.
3. Лякишев Н.П. Текстура и кристаллографические особенности разрушения материала труб из стали Х70 / Н.П. Лякишев, И.В. Эгиз, В.Ф. Шамрай // Металлы. – 2000. – № 2. – С. 68–72.
4. О слоисто-вязком и слоисто-хрупком разрушениях в сварных соединениях конструкционных сталей: тр. междунар. конф. [“Сварные конструкции”] (Киев, 24–28 сент. 1990). – К. : ИЭС им. Е.О. Патона, 1990. – С. 160–162.
5. Бородкина М.М. Рентгенографический анализ текстур в металлах и сплавах / М.М. Бородкина, Э.Н. Спектор. – М. : Металлургия, 1982. – 272 с.

INFLUENCE OF TEXTURE ON FAILURE OF STEEL 20 PIPE

N. Shkatulyak, E. Tkachuk

*K.D. Ushinski South-Ukrainian State Pedagogical University
Physic Department
Staroportofrankovskysya Str., 26, UA-65020 Odessa, Ukraine
e-mail: shkatulyak@mail.ru*

Crystallographic texture of steel pipe was studied by the x-ray photography method. Texture was investigated in a state of delivery, after deformation by the internal hydraulic pressure on 2 and 4 percent and after the further cyclic tests by the pulsated pressure 0,3–8 MPa to destruction. Texture is heterogeneous through sheet cross section and presented by such components: 1. Shear texture (planes $\{110\}$ are parallel to the lateral surface of pipe, in the same time the directions $\langle 110-111 \rangle$ are parallel to the circular direction of pipe); 2. Typical texture of rolling (planes $\{001\} + \{112\}$ are parallel to the lateral surface of pipe, and in the same time the directions $\langle 110 \rangle + \langle 111 \rangle$ are parallel to the circular direction of pipe). Texture of rolling increases with the increase of degree of deformation and is a principal cause of fragile destruction of pipe in case of cyclic tests.

Key words: texture, pipe, failure.

ВЛИЯНИЕ ТЕКСТУРИ НА РАЗРУШЕНИЕ ТРУБЫ ИЗ СТАЛИ 20**Н. Шкатуляк, О. Ткачук**

*Южно-украинский государственный педагогический университет
им. К.Д. Ушинского
ул. Старопортофранковская, 26, 65020 Одесса, Украина
e-mail: shkatulyak@mail.ru*

Изучали кристаллографическую текстуру трубы из стали 20 рентгеновским методом. Текстуру исследовали в состоянии поставки, после деформации внутренним гидравлическим давлением на 2 и 4% и дальнейших циклических испытаний пульсирующим давлением 0,3–8 МПа до разрушения. Текстура неоднородна по сечению трубы и представлена такими компонентами: 1. Текстура сдвига (плоскости {110} параллельны боковой поверхности, при этом направления $\langle 110-111 \rangle$ параллельны дуговому направлению); 2. Типичная текстура прокатки (плоскости {001} + {112} параллельны боковой поверхности, при этом направления $\langle 110 \rangle$ + $\langle 111 \rangle$ параллельны дуговому направлению). Текстура прокатки усиливается с ростом степени деформации и является главной причиной хрупкого разрушения трубы при циклических испытаниях.

Ключевые слова: текстура, труба, разрушение.

Стаття надійшла до редколегії 29.05.2009
Прийнята до друку 07.06.2010