

**Ключевые слова:** ленточное шлифование, шероховатость поверхности, математическое моделирование

**Effectiveness increase of band grinding/ A. V. Vasilyev, S. V. Popov, O. S. Kostenko//**Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.29-34. Bibliogr.: 6. ISSN 2079-5459

In this article the theoretical and experimental results of cylindrical details band grinding are presented in details. The author’s mathematical model is about surface roughness dependence by such variables as band grain, band die hold-down pressure, billet external diameter line speed.

**Keywords:** band grinding, surface roughness, mathematical modelling

**УДК 517.958.536.72**

**О. Г. АРХИПОВ**, д-р техн. наук, зав. каф., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

**С. А. РЕВЕНКО**, канд. техн. наук, доц., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

**В. В. ІВАНЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

**Л. В. КАРПЮК**, ст. викл., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

**Ю. М. ШТОНДА**, ст. викл., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛІ JIS G3458 STPA22 ПІСЛЯ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Значна частина обладнання хімічної промисловості наближається до вичерпування запланованого ресурсу. Подальша його експлуатація можлива за умови відповідності механічних характеристик значенням, що закладені в нормативні документи. На прикладі дослідження характеристик міцності оцаднолегованої сталі JIS G3458 STPA22 з системи пароутворення цеху синтетичного аміаку показано можливість прогнозування змін механічних характеристик протягом тривалої експлуатації.

**Ключові слова:** умовна границя текучості, тимчасовий опір, карбіди, коагуляція.

**Вступ.** Значна кількість обладнання і трубопроводів в Україні знаходиться в експлуатації довгий час. Відомо, що внаслідок тривалої дії високих температур і агресивного середовища можуть відбуватися структурні зміни металу, а також механічних і інших характеристик металу [1-4]. Дослідження цих змін і їх врахування підвищує безпеку експлуатації і дозволяє більш оптимально планувати ремонтні роботи.

**Дослідження характеристик міцності за нормальних і підвищених температур.** Об’єктом досліджень була вибрана сталь марки JIS G3458 STPA22, з якої були виготовлені труби системи пароутворення цеху синтетичного аміаку 1-Б ПрАТ “Северодонецьке об’єднання Азот”. Сталь JIS G3458 STPA22 є конструкційною оцаднолегованою сталлю, яка використовується для виготовлення пароперегрівачів, паропроводів, колекторів, фланців, що довгостроково працюють за температур до 500°C. За хімічним складом досліджувана сталь близька до вітчизняної сталі марки 15ХМ (ГОСТ 4543-71). Система пароутворення входить в блок парового риформінгу і призначена для отримання пари під тиском не більше 109 кгс/см<sup>2</sup> (надлишкового) з температурою 480-482 °С, необхідного для парової конденсаційної турбіни з регулюючим відбором пари, яка є приводом трикорпусного відцентрового компресора азотоводневої суміші. Трубопровід пущений в експлуатацію у 1975 році. До моменту дослідження трубопровід знаходився в експлуатації

162904 години (30 років).

Механічні дослідження на розтяг велись на стандартних зразках на машині Р-5М згідно з ГОСТ 1497-84. Досліджувались лише прямолінійні ділянки труби  $\text{Ø}508 \times 44,4$  мм яка експлуатувалась за робочої температури  $485^\circ\text{C}$ . Температура випробувань складала  $20^\circ\text{C}$  і  $500^\circ\text{C}$ . Дослідження за підвищених температур проводились згідно з ГОСТ 9651-84. Установка для досліджень за підвищених температур складалася із: машини на розтяг Р-5М, трубчастої пічі з поворотною направляючою, потенціомера з термопарою типу ТХА, автотрансформатора для регулювання температури в печі. В ході експериментів розглядались зразки виготовленні з труби, що відпрацювали 38880, 70000, 108460 і 162904 годин відповідно. Характеристики на момент початку експлуатації вибирались на основі сертифікату заводу виробника. Металографічні дослідження макроструктури металу фіксували мікроскопом МБС при малих збільшеннях (до 10 раз), а мікроструктуру вивчали на металографічному мікроскопі МИМ-8М при збільшенні більше ніж в 100 разів.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Мікроструктура основного металу труб ферито-перлітна. Перліт зернистий. Сфероїзація перліту відповідає 2-3 балу. Мікропошкодження металу труб і зварних з'єднань не виявлено. Проведений аналіз вмісту карбідів в різні періоди експлуатації наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Карбідний аналіз металу вирізки труби  $\text{Ø}508 \times 44,4$  мм

| № п/п | Час експлуатації                            | Cr    | Mo    | Mn    |
|-------|---|-------|-------|-------|
| 1     | Вихідний стан (Сертифікат заводу виробника) | 11,3  | 8,3   | 6,5   |
| 2     | 38880 годин експлуатації                    | 16,4  | 21,6  | 14,9  |
| 3     | 162904 години експлуатації (вирізка №1)     | 29,41 | 31,66 | 20,8  |
| 4     | 162904 години експлуатації(вирізка №2)      | 24,54 | 31,60 | 17,73 |

За результатами карбідного аналізу, з урахуванням результатів після 38880 годин експлуатації, з твердого розчину в карбіди перейшло 4,6%-7,9% хрому і молібдену. Металографічні дослідження металу вирізки проведені на шести мікрошліфах, вирізаних з двох котушок основного металу і на 9 макро - і мікрошліфів, вирізаних із трьох зварних з'єднань. Після експлуатації протягом 162904 годин виявлена сфероїзація і часткова коагуляція сфероїдів цементиту в матриці і по границях зерен. Сфероїзація перліту відповідає 2-3 балу за шкалою Е ОСТ 34 - 70 - 690 - 96. Для проведення іспитів на розтяг зразки виготовлялись з орієнтацією волокон паралельно поздовжній осі труби. Визначались тимчасовий опір  $\sigma_b$  (рис. 1а), умовна границя текучості  $\sigma_{0,2}$  (рис. 1 б), а також комплексний показник  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$  (рис. 2). Установлено, що за температури випробувань  $20^\circ\text{C}$  і  $500^\circ\text{C}$  на першому етапі експлуатації матеріал досліджуваної труби підлягав зміцненню, а другий етап навпаки характеризувався певним зміцненням сталі. Спільними для характеристики міцності є їх зменшення на першому етапі експлуатації до 70000 годин роботи і певне зміцнення на кінцевій стадії експлуатації. Після 162904 годин експлуатації за температури випробувань  $500^\circ\text{C}$  величина умовної границі текучості  $\sigma_{0,2}$  все одно на 2% більше в порівнянні зі значенням цієї ж величини на момент початку експлуатації.

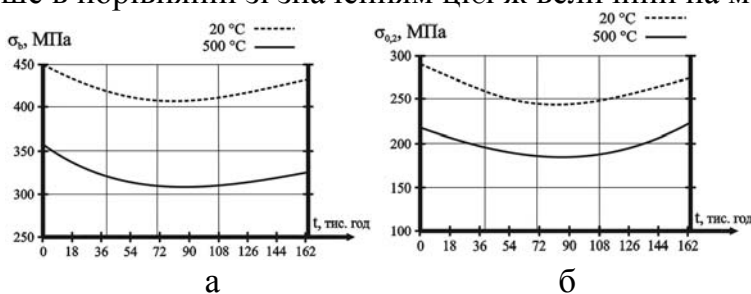


Рис. 1 – Характеристика зміни: а - тимчасового опору  $\sigma_b$ ; б - умовної границі текучості  $\sigma_{0,2}$

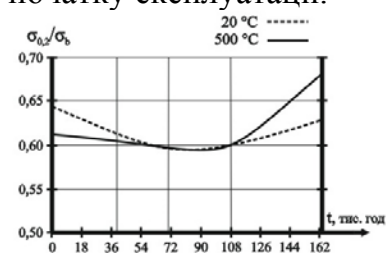


Рис. 2 – Характеристика зміни комплексного показника  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$

В результаті обробки експериментальних даних встановлено, що зміна в часі тимчасового опору  $\sigma_b$  описується рівнянням:

$$\sigma_b = k + mt + nt^2,$$

де  $k$ ,  $m$ ,  $n$  – сталі величини;  $t$  – час, тис. год.

Значення величин  $k$ ,  $m$ ,  $n$  наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Значення величин  $k$ ,  $m$ ,  $n$  для рівняння тимчасового опору  $\sigma_b$ .

| Температура випробування, °С | $k$      | $m$       | $n$       |
|------------------------------|----------|-----------|-----------|
| 20                           | 447,2296 | -1,079321 | 0,0067845 |
| 500                          | 357,4146 | -1,340120 | 0,0083567 |

Умовна границя текучості  $\sigma_{0,2}$  змінюється в часі за функціональною залежністю:

$$\sigma_{0,2} = a + bt + ct^2,$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – сталі величини.

Значення величин  $a$ ,  $b$ ,  $c$  наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Значення величин  $a$ ,  $b$ ,  $c$  для рівняння умовної границі текучості  $\sigma_{0,2}$ .

| Температура випробування, °С | $a$      | $b$       | $c$       |
|------------------------------|----------|-----------|-----------|
| 20                           | 294,0885 | -1,181072 | 0,0066999 |
| 500                          | 220,6385 | -0,664534 | 0,0051753 |

Комплексний показник  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$  змінюється в часі за функціональною залежністю:

$$\sigma_{0,2}/\sigma_b = d + gt + ht^2,$$

де  $d$ ,  $g$ ,  $h$  – сталі величини. Значення величин  $f$ ,  $j$ ,  $p$  наведено в табл.4.

Таблиця 4 – Значення величин  $f$ ,  $j$ ,  $p$  для рівняння комплексного показника  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$ .

| Температура випробування, °С | $d$      | $g$        | $h$       |
|------------------------------|----------|------------|-----------|
| 20                           | 0,645683 | -0,0009883 | 0,0000065 |
| 500                          | 0,617411 | -0,0004891 | 0,0000043 |

**Висновки.** За час тривалої експлуатації виявлена сфероїзація і часткова коагуляція сфероїдів цементиту в матриці та по границях зерен. Дослідження підтвердили високу чутливість умовної границі текучості  $\sigma_{0,2}$  і показника  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$  до змін механічних характеристик протягом тривалої експлуатації у широкому діапазоні температур. Встановлено характер змін цих характеристик протягом тридцятирічної експлуатації. Виявлені тенденції добре корелюються з результатами інших дослідників [5, 6]. Установлені закономірності змін характеристик міцності дозволяють прогнозувати їх значення на майбутнє. Для трубних сталей крім характеристик міцності унормованими величинами є характеристики пластичності і ударної в'язкості. Перехід хрому і молібдену в карбіди, що утворились на границі зерен металу, дозволяє прогнозувати принаймні зменшення ударної в'язкості. Спираючись лише на структурні зміни менш впевнено можна говорити про зміну характеристик пластичності. Отже для висновків щодо терміну подальшої експлуатації необхідно провести додаткові дослідження цих характеристик.

**Список літератури:** 1. Кеннеди А. Д. Ползучесть и усталость в металлах / М.: Metallurgiya. 1965. – 361 с. 2. Бугай Н. В. Работоспособность и долговечность металла энергетического оборудования / Бугай Н. В., Березина Т. Г., Трунин Н. И. – М.: Энергоиздат, 1994. – 214 с. 3. Ильин С. И. Изменение структуры и свойств трубной стали во время длительных выдержек под нагрузкой / С. И. Ильин, М. А. Смирнов, Ю. И. Пашков [и др.] // Известия Челябинского научного центра. – 2002. – № 4. – С. 42–46. 4. Nykyforchyn H. M., Kurzydowski K. J., Lunarska E. Hydrogen degradation of steels in long term service conditions / in Book: Environment-induced cracking of materials, vol. 2 “Prediction, industrial developments and evaluations”, ed. by S. Shipilov, Elsevier, 2008. – P. 349–361. 5. Environmentally

assisted “in-bulk” steel degradation of long term service gas trunkline / *H. Nykyforchyn, E. Lunarska, O. Tsyurulnyk, et al.* // Engineering Failure Analysis. – 2010. – V. 17. – P. 624-632. 6. Крижанівський Є. І., Ницифорчин Г. М. Особливості корозійно-водневої деградації сталей нафтогазопроводів і резервуарів зберігання нафти // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2011. – № 2. – С.11-20

*Надійшла до редколегії 22.01.2014*

УДК 517.958.536.72

**Дослідження сталі JIS G3458 STPA22 після тривалої експлуатації/ Архипов О. Г., Ревенко С. А., Іванченко В. В., Карпюк Л. В., Штонда Ю. М.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.34-37. – Бібліогр.:6 назв. ISSN 2079-5459

Значительная часть оборудования химической промышленности приближается к исчерпыванию запланированного ресурса. Дальнейшая его эксплуатация возможна при условии соответствия механических характеристик значениям, которые заложены в нормативные документы. На примере исследования характеристик прочности низколегированной стали JIS G3458 STPA22, которая эксплуатировалась в системе парообразования в цехе синтетического аммиака, показана возможность прогнозирования изменений механических характеристик на протяжении продолжительной эксплуатации.

**Ключевые слова:** условная граница текучести, временное сопротивление, карбиды, коагуляция.

**Investigation of JIS G3458 STPA22 steel after is long operation/ A. G. Arhipov, S. A. Revenko, V. V. Ivanchenko, L. V. Karpjuk, Ju. N. Shtonda**//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies.. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.34-37. Bibliogr.: 6. ISSN 2079-5459

Considerable part of chemical industry has been in operation for a long time and is close to its service life exhausting. Its further operation is possible if mechanical and other properties correspond to the values determined by the normative documents. By investigating the strength characteristics of JIS G3458 STPA22 grade low-alloyed steel in vaporization in the synthetic ammonia workshop the opportunity of mechanical characteristics changes forecasting during the continuous operation has been shown.

**Keywords:** conditional border fluidity, temporary resistance, carbides, coagulation

УДК 621.791

**В. Г. ЛЕБЕДЕВ**, д-р техн. наук, проф., ОНТУ, Одесса;

**Н. Н. КЛИМЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ОНТУ, Одесса;

**Т. В. ЧУМАЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ОНТУ, Одесса

## **РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ШЛИФОВАНИИ НЕКОТОРЫХ НАПЛАВЛЕННЫХ И НАПЫЛЕННЫХ НА РАБОЧИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ СТАЛЕЙ, СПЛАВОВ И ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (Часть 1)**

Насмотрены закономерности изменения фазово-структурного состояния наплавленного или напыленного слоя на рабочих поверхностях деталей машин в зависимости от температуры шлифования.

**Ключевые слова:** наплавленный слой, напыленный слой, температура шлифования, рациональные температуры шлифования.

**Введение.** Для восстановления изношенных деталей широко используется наплавки и напыления. Наплавка — это процесс нанесения на поверхность детали слоя металла путем их обоюдного расплавления. Напыление — нанесение слоя из мелких частиц вещества на поверхность материалов и изделий в защитных или декоративных целях. Для наплавки и напыления применяются различные конструкционные материалы – углеродистые и легированные стали, а также сплавы различных цветных металлов. Кроме того, широко используется металло- и минерало-керамика. Главным недостатком, как процесса наплавки, так и процесса напыления является то, что после этих процессов необходима дополнительная высокоточная механическая обработка, в частности, в большинстве

© В. Г. ЛЕБЕДЕВ, Н. Н. КЛИМЕНКО, Т. В. ЧУМАЧЕНКО, 2014