

- those. Science / O.A. Glotka. – Zaporizya, 2011.- 166 p.- Bibliogr. : p. 142-166. (Ukr.)
6. Glotka O.A. Use refractory scrap for manufacturing Fe-W alloy / O.A. Glotka, A.D. Koval // Visnik dvugynobydtvannya – 2008.- №2. – P. 164 – 170. (Ukr.)
7. Reference tool steel / [V.I. Kanyka, V.N. Terehov, A.N. Moroz and others] edited by Y.F. Ternovogo.- X.: “Metallika”, 2008.- 224 p. (Rus.)

Рецензент: В.Ю. Ольшанецький  
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ЗНТУ»

Стаття надійшла 08.02.2013

УДК 669.14.018.256

© Солідор Н.А.\*

### ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ ТА СТУПЕНЯ СТАБІЛЬНОСТІ ЗАЛИШКОВОГО АУСТЕНІТУ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ І МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТАЛЕЙ З 18 % Cr

*В роботі показана ефективність застосування диференційного підходу до вибору раціональних режимів термічної обробки сталей з 18 % Cr, що дозволяють значно підвищити їх зносостійкість за рахунок оптимізації кількості та стабільності аустеніту.*

**Ключові слова:** структура, метастабільний аустеніт, термічна обробка, фазові перетворення, мартенсит деформації.

*Солідор Н.А. Влияние количества и степени стабильности остаточного аустенита на износостойкость и механические свойства сталей с 18 % Cr. В работе показана эффективность применения дифференцированного подхода к выбору рациональных режимов термической обработки сталей с 18 % Cr, позволяющих значительно повысить их износостойкость за счет оптимизации количества и стабильности аустенита.*

**Ключевые слова:** структура, метастабильный аустенит, термическая обработка, фазовые превращения, мартенсит деформации.

*N.A. Solidor. The influence of the quantity and the stability of retained austenite on wear resistance and mechanical properties of steels with 18% Cr. This article shows the efficiency of application of the differentiated approach to the choice of the rational modes of heat treatment of steels from 18 % Cr, allowing considerably to promote their wear resistance due to optimization of amount and stability of austenite.*

**Keywords:** structure, metastable austenite, heat treatment, the phase transformation, martensite of deformation.

Постановка проблеми. Сучасні режими термічної обробки зносостійких матеріалів в основному направлені або на отримання мартенситно-карбідної структури з високою твердістю для умов абразивного зношування, або стабільного аустеніту для умов ударно-абразивної дії. Останнім часом для підвищення механічних і службових властивостей отримує все більший розвиток використання принципу самогартування при навантаженні, що засновано на отриманні в структурі сталей метастабільного аустеніту і подальшого перетворення його на мартенсит деформації в процесі експлуатації. Проте для корозійностійких високохромистих сталей даний підхід не застосовується.

Широко відомо, що термообробка високохромистих корозійностійких сталей мартенситного класу, зокрема 95X18, в промислових умовах полягає в проведенні гартування від темпе-

\* канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

ратур близько 1010-1065 °С в масло і відпуску для зняття напружень при температурі 200 °С на твердість 55-60 HRC. Тим часом, вказані вище обробки не завжди забезпечують необхідний рівень механічних та експлуатаційних властивостей зносостійких сплавів, оскільки для сталей 60X18 і 95X18 одним з основних критеріїв довговічності в умовах експлуатації є не тільки корозійна стійкість, але і зносостійкість. Тому представляє практичний інтерес дослідження впливу режимів термообробки на їх абразивну, ударно-абразивну зносостійкість і механічні властивості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з перспективних шляхів підвищення зносостійкості деталей машин та устаткування є вдосконалення режимів термообробки відомих сталей і сплавів, які дозволяють використовувати їх внутрішній ресурс за рахунок отримання в структурі певної кількості метастабільного аустеніту, що перетворюється під впливом абразивних частинок на мартенсит деформації (ефект самогартування при навантаженні), і дисперсних карбідів [1-3]. Проте відомостей про зносостійкість корозійностійких високохромистих сталей в конкретних умовах зношування залежно від їх структури і фазового складу, способів і режимів термічної обробки в літературі недостатньо.

Мета статті – більш глибоке вивчення впливу режимів термічної обробки на структуру, абразивну й ударно-абразивну зносостійкість та механічні властивості корозійностійких сталей з 18 % Сг.

Викладення основного матеріалу. Згідно аналізу літературних даних останнього десятиліття, вельми перспективним напрямом є використання гартування з ізотермічною витримкою широко вживаної номенклатури сталей мартенситного класу, наприклад, неіржавіючих, що дозволяє отримувати в структурі певну кількість залишкового аустеніту [4], що, у свою чергу, сприяє підвищенню їх в'язкості та опору крихкому руйнуванню при збереженні високої міцності. Застосування даної обробки може дозволити вельми ефективно управляти кількістю аустеніту і ступенем його стабільності у відношенні до динамічного деформаційного мартенситного перетворення (ДДМП) стосовно конкретних умов експлуатації, що, у свою чергу, приведе до підвищення зносостійкості даних сплавів.

У зв'язку з вище викладеним, в роботі проводилося вивчення впливу східчастого гартування на зносостійкість високохромистих сталей 60X18 і 95X18. Зразки досліджуваних сталей піддавалися гартуванню від 1050 °С (час витримки 20 хвил.). Охолодження проводилося у воді протягом 1,5 с і потім проводилася витримка в печі при температурах 250, 350 і 450 °С. Час витримки складав від 30 до 360 хвил. Подальше охолодження проводилося на спокійному повітрі. Результати випробувань термооброблених сталей на абразивне зношування представлені на рис. 1.

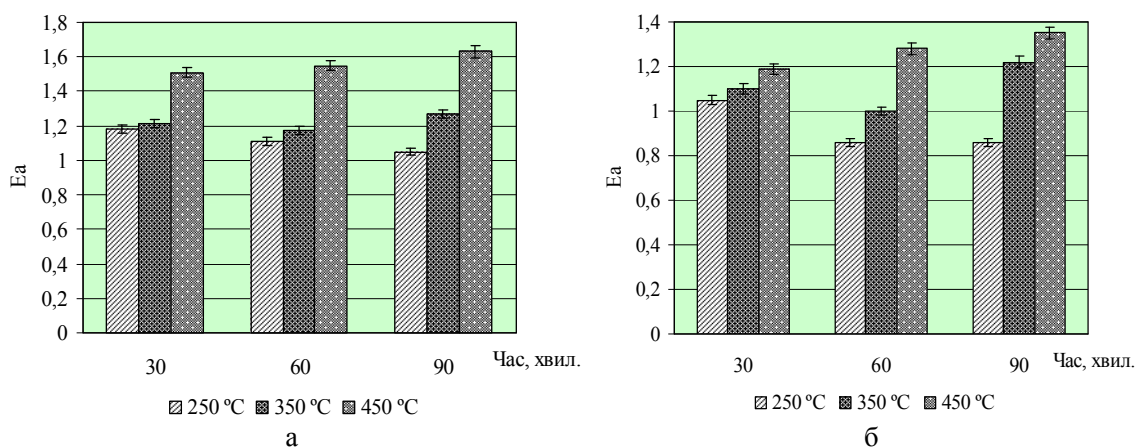


Рис. 1 – Залежність відносної абразивної зносостійкості сталей 60X18 (а) та 95X18 (б) від температурно-часових параметрів східчастого гартування

Згідно з отриманими даними, зі зниженням температури і збільшенням часу витримки при 250-350 °С відбувається зниження відносної абразивної зносостійкості обох сталей, що

обумовлене стабілізацією аустеніту у відношенні до ДДМП при навантаженні внаслідок можливого підвищення ЕДП, закріпленням дислокацій атомами вуглецю (утворенням атмосфер Коттрелла). Протікання ДДМП за даними [5] може ускладнюватися внаслідок того, що витримки при температурах 250-350 °С приводять до підвищення межі текучості аустеніту, що вимагає додаткових енергетичних витрат на зростання мартенситних кристалів. У зв'язку з цим, динамічне деформаційне мартенситне перетворення на поверхні зразків під дією абразивних частинок не отримує помітного розвитку (рис. 1, а та б).

Підвищення температури до 450 °С сприяє зростанню абразивної зносостійкості обох сталей (див. рис. 1). Найбільша абразивна зносостійкість виявляється при тривалішій витримці близько 90 хвил. Це пов'язано з дестабілізацією аустенітної матриці, унаслідок збіднення її вуглецем і хромом в результаті виділення карбідів, а також зниженням ЕДП [5]. Ці чинники інтенсифікують мартенситне перетворення при навантаженні (рис. 2-3), сприяючи підвищенню опору руйнуванню сталей.

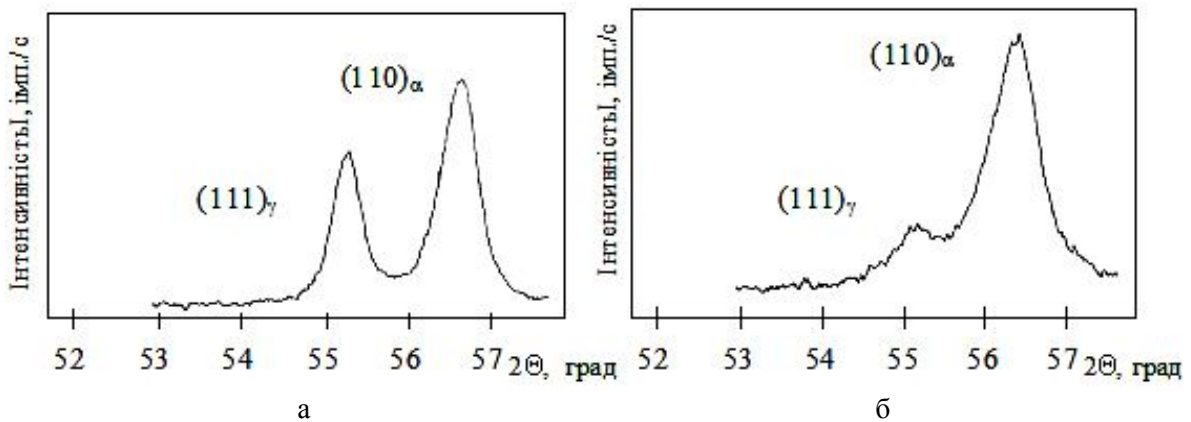


Рис. 2 – Дифрактограми сталі 60X18 після східчастого гартування при температурі сходинки 450 °С: а – поза зоною зношування (Азал.= 45 %); б – в зоні зношування (Азал. = 25 %)

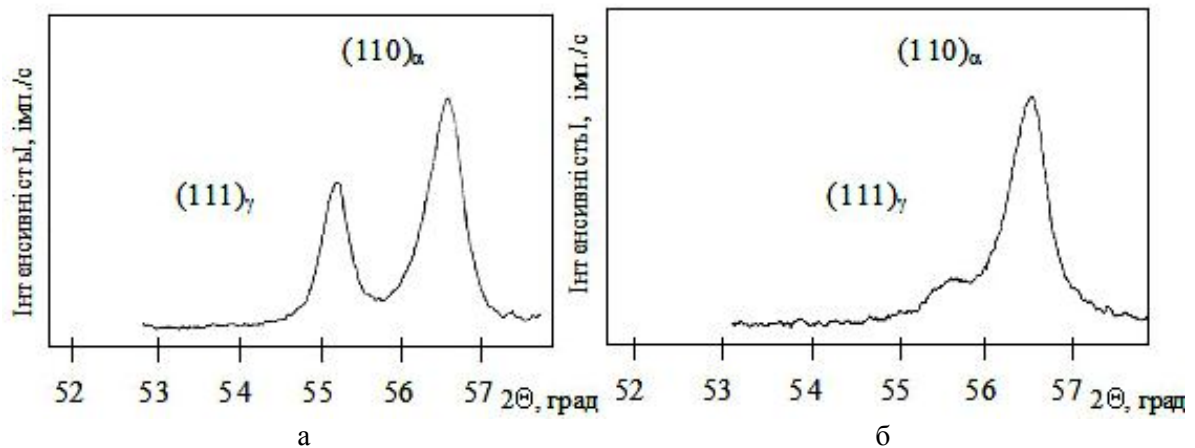


Рис. 3 – Дифрактограми сталі 95X18 після східчастого гартування при температурі сходинки 450 °С: а – поза зоною зношування (Азал.= 40 %); б – в зоні зношування (Азал. = 30 %)

Як показують отримані дані, східчасте гартування може приводити і до стабілізації аустеніту, і до його дестабілізації. Варіюючи температурно-часові параметри східчастого гартування, можна ефективно управляти ступенем стабільності аустеніту до ДДМП стосовно конкретних умов дії абразивних частинок.

Визначення ударно-абразивної зносостійкості після різних режимів східчастого гартування показує, що зі збільшенням часу витримки від 30 до 90 хвил. в інтервалі температур 250-350 °С відбувається підвищення ударно-абразивної зносостійкості обох сталей (рис. 4, а та б), що обумовлене стабілізацією аустеніту у відношенні до ДДМП внаслідок можливого підвищення ЕДП [5], утворенням атмосфер Коттрелла на дислокаціях. Причому протікання мартенситоутворення при деформації може ускладнюватися також унаслідок того, що витримки при 250-350 °С приводять до підвищення межі текучості аустеніту, внаслідок чого потрібні додаткові енергетичні витрати на зростання мартенситних кристалів [6]. У зв'язку з цим, ДДМП на поверхні зразків під дією абразивних частинок розвивається вельми поступово і ударно-абразивна зносостійкість сталей підвищується.

Нагрів сталей після перерваного гартування до 450 °С, а також збільшення тривалості витримки до 90 хвил., навпаки, сприяють зниженню ударно-абразивної зносостійкості (рис. 4, а та б). Це обумовлено дестабілізацією аустенітної матриці внаслідок збіднення її вуглецем і хромом в результаті виділення карбідів, зниження ЕДП, розсмоктування атмосфер Коттрелла.

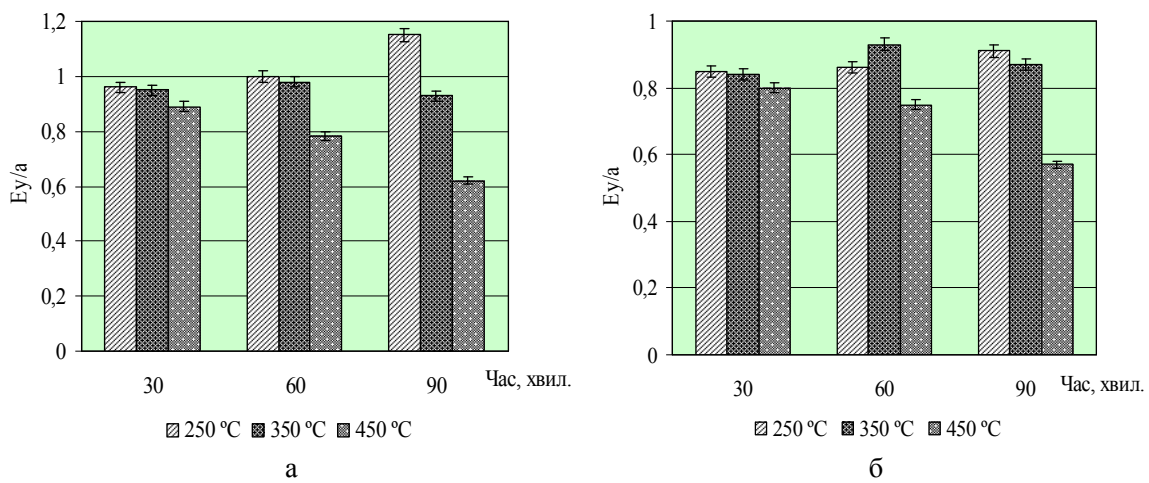


Рис. 4 – Залежність відносної ударно-абразивної зносостійкості сталей 60X18 (а) та 95X18 (б) від температурно-часових параметрів східчастого гартування

Крім того, в роботі вивчався вплив східчастого гартування на механічні властивості сталі 60X18. Після стандартної термообробки – гартування від 1050 °С у масло і низького відпуску при температурі 200 °С отримано наступний рівень механічних властивостей сталі:  $\sigma_b = 1471,00$  МПа,  $\psi = 8,20$  %,  $\delta = 4,30$  %,  $KCU = 0,20$  МДж/м<sup>2</sup>. Оптиміальний комплекс механічних властивостей дослідженої сталі спостерігався після східчастого гартування з температурою сходинки 350 °С (табл.).

Таблиця  
Вплив часу витримки при східчастому гартуванні (температура сходинки 350 °С) на механічні властивості сталі 60X18

Час витримки, хвил.	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %
30	1201	1240	14,2	48,16
60	1578	1692	11,2	36,65
90	1516	1580	16,4	51,00

**Висновки**

1. Розроблені рекомендації з вибору раціональних режимів термообробки високохромистих сталей, які забезпечують підвищення абразивної, ударно-абразивної зносостійкості, а також механічних властивостей залежно від хімічного, фазового складу та умов експлуатації.
2. На підставі проведених досліджень обґрунтована необхідність реалізації диференційного підходу до використання зміцнювальних обробок. Показано, що, управляючи кількістю і

стабільністю аустеніту, оптимізуючи їх з урахуванням вихідного хімічного і фазового складу стосовно конкретних умов абразивної дії, можна на сталях з 18 % Сг отримати підвищений рівень механічних та експлуатаційних властивостей.

- Згідно з отриманими даними, зі зниженням температури від 450 до 250 °С і збільшенням часу витримки до 60 хвил. при східчастому гартуванні відбувається стабілізація аустеніту і, як наслідок, зниження відносної абразивної зносостійкості сталей 60X18 і 95X18 та збільшення їх ударно-абразивної зносостійкості. Підвищення температури до 450 °С, а також збільшення тривалості витримок, навпаки, сприяють підвищенню абразивної і зниженню ударно-абразивної зносостійкості досліджених сталей. Це пов'язано з дестабілізацією залишкового аустеніту у відношенні до ДДМП.
- Принцип регулювання перетворень при деформації (у тому числі і мартенситних) відкриває нові можливості в підвищенні експлуатаційних і механічних властивостей не тільки спеціально розроблених різнофункціональних сталей (сплавів), але і тих, що широко вживаються в промисловості, наприклад, 95X18.

#### Список використаних джерел:

- Попов В.С. Износостойкость пресс-форм огнеупорного производства / В.С. Попов, Н.Н. Брыков, Н.С. Дмитриченко. – М. : Металлургия, 1971. – 157 с.
- Малинов Л.С. Использование принципа получения метастабильного аустенита и регулирование его количества и стабильности при разработке экономнолегированных сплавов и упрочняющих обработок / Л.С. Малинов // МиТОМ. – 1996. – № 2. – С.35-39.
- Малинов Л.С. Экономнолегированные сплавы с мартенситными превращениями и упрочняющие технологии / Л.С. Малинов, В.Л. Малинов. – Х. : ННЦ ХФТИ, 2007. – 352 с.
- Чейлях А.П. Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии / А.П. Чейлях. – Х. : ННЦ ХФТИ, 2003. – 212 с.
- Малинов Л.С. Влияние старения на развитие мартенситного превращения при деформации в метастабильных аустенитных сталях / Л.С. Малинов, В.И. Коноп-Ляшко // Металлы. – 1982. - № 3. – С. 130-133.
- Попов В.С. Металловедческие аспекты износостойкости сталей и сплавов / В.С. Попов, Н.Н. Брыков. – Запорожье: ВПК «Запоріжжя», 1996. – 480 с.

#### Bibliography:

- Popov V.S. Wear resistance of fireproof press molds production / V.S. Popov, N.N. Brikov, N.S. Dmitrichenko. – M. : Metallurgy, 1971. – 157 P (Rus.).
- Malinov L.S. Using the principle of obtaining metastable austenite and regulating its quantity and stability of the design economically alloys and hardening treatments / L.S Malinov // MiTOM. – 1996. – №.2. – P. 35-39 (Rus.).
- Malinov L.S. Economically alloys with martensitic transformation and hardening technologies / L.S. Malinov, V.L. Malinov. – Kh. : NNC HFTEI, 2007. – 352 p (Rus.).
- Cheilyakh A.P. Economically metastable alloys and hardening technologies / A.P. Cheilyakh. – Kh. : NNC HFTEI, 2003. – 212 p (Rus.).
- Malinov L.S. Impact of aging on the development of the martensitic transformation during deformation of metastable austenitic steels / L.S. Malinov, V. I. Konop-Lyashko // Metally. – 1982. – № 3. – P. 130-133 (Rus.).
- Popov V.S. Metal science aspects of abrasion resistant steels and alloys / V.S. Popov, N.N. Brikov. – Zaporozhe : VPK «Zaporizhzhya», 1996. – 480 p. (Rus.).

Рецензент: С.В. Гулаков  
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 21.01.2013