

DOI 10.15421/4222102
УДК 621.855

Г. Р. Гамзаєва

ВПЛИВ ПОДАЧІ ТА КІЛЬКОСТІ ПРОХОДІВ ПРИ АЛМАЗНОМУ ВИГЛАДЖУВАННІ НА ШОРСТКІСТЬ

Проведено експериментальні дослідження впливу способів поверхневого пластичного деформування на якість поверхневого шару зразків, виготовлених із будівельних сталей. Зразки кожної випробуваної сталі розділяли на дві групи. Перша група загартовувалась з наступною середньою відпусткою, після чого шліфувалась, а друга група додатково піддавалась поверхневому пластичному деформуванню. Встановлено вплив способів поверхневого пластичного деформування, зокрема обкатки кулькою та алмазного вигладжування, на шорсткість поверхні будівельних сталей. Отримано залежність шорсткості поверхні від подачі та кількості проходів при поверхневому пластичному деформуванні. Проведені дослідження показали високу ефективність поверхневого пластичного деформування.

Ключові слова: будівельні сталі; обкатка кулькою; алмазне вигладжування; подача; кількість проходів; шорсткість.

Вступ. Промислове будівництво та підприємства важкої промисловості є найбільш масовими споживачами металопрокату. Обсяг металевієї продукції, що застосовується в цих галузях, збільшується рік у рік, і тому велике значення має економія металу за рахунок зменшення маси металевих конструкцій та виробів. В даний час накопичено певний досвід з отримання та використання будівельних сталей підвищеної та високої міцності. В останні роки термомеханічна обробка стає одним із ефективних методів забезпечення в умовах масового виробництва будівельних сталей високої конструктивної міцності [8].

Сучасне досить інтенсивне охолодження дає позитивний ефект при високотемпературній термомеханічній обробці навіть низьковуглецевих та низьколегованих сталей, що не містять сильних карбідоутворюючих елементів. Однак зазначені методи зміцнення не забезпечують необхідну конструктивну міцність будівельних сталей для металевих конструкцій і виробів. Тому є потреба у пошуку прогресивного технологічного процесу, що забезпечує необхідні механічні та експлуатаційні характеристики будівельних сталей для металоконструкцій [4].

Для успішного вибору ефективного методу зміцнення будівельних сталей необхідно аналізувати та вивчати вимоги та умови роботи металевих виробів та конструкцій.

Будівельні сталі високої міцності, що застосовуються замість гарячекатаних низьковуглецевих і низьколегованих сталей з феритно-перліт-

ною структурою та межею плинності $\sigma_T=280\text{--}330\text{ МПа}$, повинні мати $\sigma_T\geq 400\text{ МПа}$ і водночас високу конструктивну міцність та технологічність. Ці вимоги досить суперечливі, тому одержання сталей масового виробництва, що повністю задовольняють зазначеним вимогам, є складним технічним завданням.

Аналіз відмов деталей машин і конструкцій в процесі експлуатації показує, що в більшості випадків руйнування починається в поверхневому шарі з таких причин: через втомлене руйнування, перевищення допустимого значення зносу і корозії [1].

В процесі дії на деталь змінних навантажень в металі відбувається накопичення пошкоджень, що призводить до утворення втомленої тріщини. Швидкість розвитку втомної тріщини залежить від характеру мікрорельєфу, параметрів деформаційного зміцнення, знака та рівня залишкових напружень.

Зародження втомної тріщини зазвичай починається з поверхні через те, що тут виникають найбільші циклічні напруження. Тому якість обробки поверхні значно впливає на механічні та експлуатаційні властивості, особливо для високоміцних сталей [3, 5, 7, 9].

Аналіз результатів. Особливо ефективними методи поверхневого пластичного деформування (ППД) стають у випадках, коли визначальною для надійності деталей у процесі експлуатації є якість поверхневого шару. Змінюючи режими поверхневого пластичного деформування, можна керувати параметрами шорсткості, деформаційного зміцнення та залишковими напруженнями, забезпечуючи збільшення межі витривалості, зносостійкості, корозійної стійкості з урахуванням структури матеріалу, концентрації напружень та масштабного фактора.

Основними методами фінішної обробки деталей поверхневого пластичного деформування є обкатка кулькою, обкатка роликком, алмазне вигладжування та вібровигладжування. Дослідження показують, що найбільш простими та ефективними способами поверхневого пластичного деформування є обкатка кулькою та алмазне вигладжування.

У поданій роботі досліджувався вплив обкатки кулькою та алмазного вигладжування на шорсткість поверхні зразків з будівельних сталей марки ВСт3сп, 10Г2С1, 15ХГ2СМФР та 12ГН2МФАЮ.

Об'єктом досліджень служили циліндричні зразки діаметром 20 мм, завдовжки 150 мм. Перед виготовленням зразків визначали хімічний склад заготовок металу.

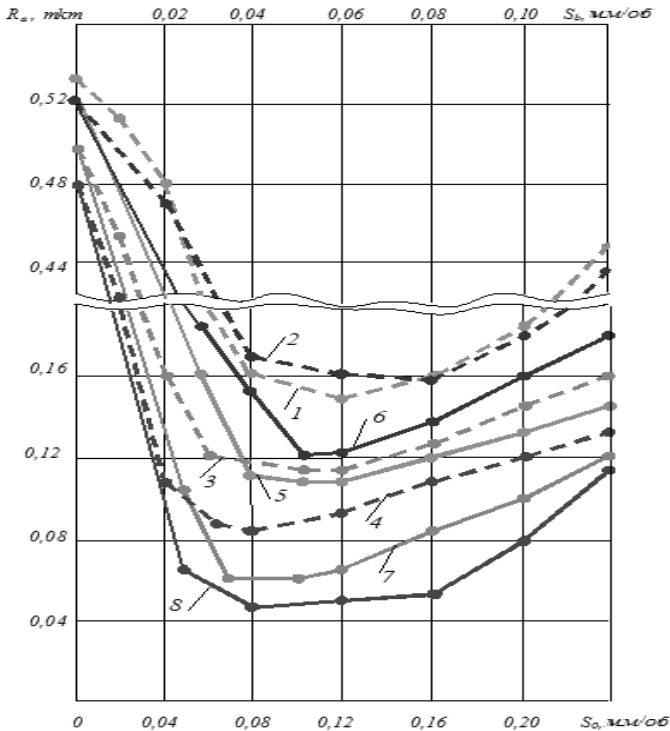
Параметри поверхневого пластичного деформування варіювалися в наступних інтервалах: при обкатці кулькою P_H – до 1000 Н, S_o – до 0,24 мм/об, при алмазному вигладжуванні P_y – до 300 Н, S_b – до 0,12 мм/об.

З наявних літературних даних для обох процесів швидкості обробки була прийнята $V = 56\text{ м/хв.}$, оскільки швидкість обробки на якість поверхневого шару мало впливає. Відомо, що продуктивність процесів поверхневого пластичного деформування значно залежить від швидкості, тому обробку слід проводити при великих швидкостях. Однак збільшен-

ня швидкості понад 120-150 м/хв. призводить до деякого зниження твердості внаслідок підвищення температури в локальних об'ємах [2].

Зміна подачі обкатки та вигладжування призводить до суттєвої зміни величини середнього арифметичного відхилення профілю.

Графіки зміни шорсткості поверхні зразків зі сталей ВСт3сп, 10Г2С1, 15ХГ2СМФР і 12ГН2МФАЮ від подачі показують (рис. 1), що для всіх сталей мінімальна шорсткість виходить при обкатуванні подачею 0,06 – 0,14 мм, а в разі вигладжування 0,03–0,06 мм/об.



лінії 1, 5 – ВСт3сп; лінії 2, 6 – 10Г2С1; лінії 3, 7 – 15ХГ2СМФР;
лінії 4, 8 – 12ГН2МФАЮ

Рис. 1 – Залежність середньо арифметичного відхилення профілю від подачі:
лінії 1–4 – обкатка кулькою; лінії 5–8 – алмазне вигладжування

Збільшення подачі з 0,16 мм/об. при обкатці, та з 0,08 мм/об. при вигладжуванні призводить до значного зростання нерівностей. Це пояснюється зменшенням ступеня пластичної деформації внаслідок зменшення кількості циклів навантажень кожної точки поверхні, що обробляється.

Слід зазначити, що вихідна шорсткість не завжди може бути повністю згладжена. Це залежить від її висоти, а також від пластичності матеріалу, що обробляється. При малій пластичності оброблюваного мате-

ріалу і великій висоті вихідних нерівностей вони згладжуються лише частково. При частковому згладжуванні вихідної шорсткості профіль шорсткості, що знову утворюються, має округлу форму [6].

Подальше зменшення подачі для усіх марок досліджуваних сталей викликає збільшення пластичних спотворень і, відповідно, висоти мікронерівностей. У разі надмірного зменшення подачі відбувається руйнування поверхневих шарів та погіршення шорсткості через перенаклеп.

Для вивчення впливу кількості проходів при алмазному вигладжуванні на шорсткість поверхневого шару зразків, виготовлених із сталей 15ХГ2СМФР та 12ГН2МФАЮ, були проведені експериментальні дослідження. Результати випробування показано на рис. 2. Як видно з графіків, помітне зменшення шорсткості поверхні зразків спостерігається переважно після першого проходу.

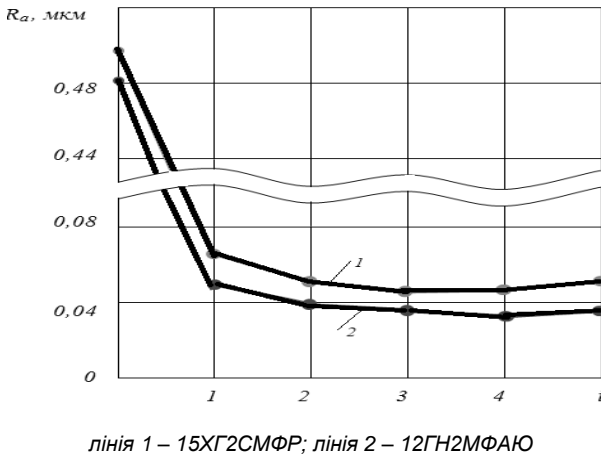


Рис. 2 – Залежність шорсткості поверхні від кількості проходів при алмазному вигладжуванні: $P_f=180$ Н, $S_b=0,06$ мм/об, $V=56$ м/хв.

Зі збільшенням кількості проходів до п'яти шорсткість зменшується, але меншою мірою, оскільки повторні проходи здійснюються по згладженій і зміцненій поверхні.

При кількості проходів більше ніж 5–7 можливе перенаклепування поверхневого шару. З іншого боку, зі збільшенням кількості проходів різко зменшується продуктивність процесу. Тому при вигладжуванні доцільно призначати один-два проходи.

Проведені експериментальні дослідження показують, що шорсткість поверхні зразків з усіх досліджених сталей після обкатки зменшилася з $R_a = 0,48 - 0,52$ мкм до $R_a = 0,08 - 0,16$ мкм, а після алмазного вигладжування з $R_a = 0,48 - 0,52$ мкм до $R_a = 0,05 - 0,10$ мкм.

Висновки. На підставі проведених експериментальних досліджень встановлена залежність між шорсткістю поверхні та подачею при ППД.

Зміцнення пластичним деформуванням може успішно застосовуватися для підвищення несучої здатності деталей, які працюють у різних умовах. Значне зменшення шорсткості поверхні деталей сприяє підвищенню зносостійкості.

Застосування цього способу зміцнення розширює можливості конструкторів у використанні більш технологічних і конструктивних рішень, у виборі матеріалів і зварних конструкцій. Дослідження показали, що шорсткість поверхні сильно залежить від значення подачі при ППД. Зі збільшенням подачі шорсткість зменшується до певного значення, а подальше збільшення подачі призводить до її збільшення.

Встановлено, що основне зниження нерівностей спостерігається при першому проході. Наступні проходи, знижуючи продуктивність процесу, мало впливають на якість поверхневого шару.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

1. **Балтер М. А.** Упрочнение деталей машин. М.: Машиностроение, 1978. 184 с.
2. **Барац Я. И.** Обработка поверхностей отверстий методом поверхностно-пластического деформирования с образованием регулярного микрорельефа. Металлообработка. 2006. №3. С. 28–34.
3. **Белов В. А.** Технология обработки плоскостей пластическим деформированием. Киев: Техника, 1972. 72 с.
4. **Большаков В. И.** Упрочнение строительных сталей. Днепропетровск, 1992. 332 с.
5. **Папшев Д. Д.** Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 1978. 152 с.
6. **Суслов А. Г.** Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000. 320 с.
7. **Торбило В. М.** Алмазное выглаживание. М.: Машиностроение, 1972. 104 с.
8. **Тылкин М. А., Большаков В. Н., Одесский П. Д.** Структура и свойства строительной стали. М.: Металлургия, 1983. 287 с.
9. **Яценко В. К., Зайцев Г. З., Притченко В. Ф., Ищенко Л. И.** Повышение несущей способности деталей машин алмазным выглаживанием. М.: Машиностроение, 1985. 232 с.

UDC 621.855

G. R. Hamzayeva

ORCID ID: 0000-0003-3974-1589

EFFECT OF FEED AND NUMBER OF PASSES IN DIAMOND BURNISHING ON ROUGHNESS

Experimental studies have been carried out on the influence of methods of surface plastic deformation on the quality of the surface layer of specimens made from constructional steels. The specimen for each tested steel were divided into two groups. The first group was hardened with subsequent medium tempering, after which specimen were polished, and the second group was additionally subjected to surface plastic deformation. The influence of methods of surface plastic deformation, in particular, ball rolling and diamond burnishing on roughness of the surface of constructional steels has been established. The dependences of the surface roughness on the feed and the number of passes during surface plastic deformation are obtained. The given studies showed high efficiency of surface plastic deformation.

Keywords: *constructional steels; ball rolling; diamond burnishing; feed; number of passes; roughness.*

Introduction. Industrial construction and heavy industry enterprises are the most massive consumers of rolled metal products. The volume of metal products used in these sectors of the national economy is increasing from year to year, and therefore the saving of metal by reducing the mass of metal structures and products used for the manufacture of metal products and structures is of great importance, since an increase in the durability of structures leads to a decrease in the mass of the metal used. At present, certain experience has been accumulated in the production and use of construction steels of increased and high strength. In recent years, thermomechanical treatment has become one of the effective methods for ensuring high structural strength of construction steels under conditions of mass production [8].

Modern and sufficiently intensive cooling gives a positive effect in high-temperature thermomechanical processing even of low-carbon and low-alloy steels that do not contain strong carbide-forming elements. However, these hardening methods do not provide the necessary structural strength of constructional steels for metal structures and products. Therefore, there is a need to find a progressive technological process that provides the necessary mechanical and operational properties of constructional steels for metal structures [4].

For the successful selection of an effective method of strengthening constructional steels, it is necessary to analyze and study the requirements and operating conditions of metal products and structures.

High-strength constructional steels used instead of hot-rolled low-carbon and low-alloy steels with a ferritic-pearlitic structure and yield strength $\sigma_T = 280 - 330 \text{ MPa}$, must have $\sigma_T \geq 400 \text{ MPa}$ and along with this, high constructional strength and manufacturability. These requirements are quite contradictory, therefore, obtaining mass-produced steels that fully meet the specified requirements is a complex technical task.

An analysis of failures of machine parts and structures during operation shows that in most cases, destruction begins in the surface layer for the reasons: due to fatigue failure, excess wear and corrosion [1].

During the action of alternating stresses on the part, damage accumulates in the metal, which leads to the formation of a fatigue crack. The rate of development of a fatigue crack depends on the nature of the microrelief, the parameters of strain hardening, the sign and level of residual stresses.

Fatigue crack initiation usually begins at the surface due to the fact that the greatest cyclic stresses occur here. Therefore, the quality of surface treatment has a significant impact on the mechanical and operational properties, especially for high-strength steels [3, 5, 7, 9].

REFERENCES

1. **Balter M.A.** Strengthening of machine parts. M.: Mashinostroyeniye, 1978. 184 p. (in Russian)
2. **Barats Ya.I.** Treatment of holes surfaces by the method of surface plastic deformation with the formation of a regular microrelief. Metalloobrabotka. 2006. №3. P. 28–34. (in Russian)
3. **Belov V.A.** Technology of treatment of planes by plastic deformation. Kiev: Tekhnika, 1972. 72 p. (in Russian).

4. **Bolshakov V.I.** Strengthening of constructional steels. Dnepropetrovsk. 1992. 332 p. (in Russian)
5. **Papshev D.D.** Finishing hardening treatment by surface plastic deformation. Moscow: Mashinostroyeniye, 1978, 152 p. (in Russian)
6. **Suslov A.G.** Quality of surface layer of machine parts. Moscow: Mashinostroyeniye. 2000. 320 p. (in Russian)
7. **Torbilo V.M.** Diamond burnishing. Moscow: Mashinostroyeniye, 1972, 104 p. (in Russian).
8. **Tylkin M.A., Bolshakov V.N., Odesskiy P.D.** Structure and properties of constructional steel. Moscow: Metallurgia, 1983. 287 p. (in Russian)
9. **Yatsenko V.K., Zaytsev G.Z., Pritchenko V.F., Ivshchehniko L.I.** Increase in load-bearing capacity of machine parts by diamond burnishing. Moscow: Mashinostroyeniye, 1985. 232 p. (in Russian)

*Азербайджанський архітектурно-
будівельний університет,
Баку, Азербайджан*

Надійшла до редколегії 18.05.2022