

DOI: 10.31319/2519-8106.1(46)2022.258451

УДК 621.74

O. Cherneta, Ph.D., Associate Professor

Dnipro State Technical University, Kamyanke

BORIDING TECHNOLOGIES AND THEIR INFLUENCE ON SURFACE MODIFICATION

The results of research of the diffusion method of boriding, strengthening of the surface layer of details from average carbon steels are carried out in the work. The analysis of physical and mechanical characteristics of boron coatings after chemical and thermal treatments taking into account structural transformations in surface layers is made. The graph of dependence of microhardness of bored coverings at the corresponding technologies of strengthening taking into account thickness of a bored layer is constructed.

Keywords: *hardening, harrowing, chemical-heat treatment, microstructural analysis, combined method, boron-containing component, technological processes of hardening.*

В роботі проведені результати дослідження дифузійного способу борування, зміцнення поверхневого шару деталей із середньо вуглецевих сталей. Зроблений аналіз фізико-механічних характеристик борованих покриттів після хіміко-термічних обробок з урахуванням структурних перетворень в поверхневих шарах. Побудований графік залежності мікротвердості борованих покриттів при відповідних технології зміцнення з урахуванням товщини борованого шару.

Ключові слова: *зміцнення, борування, хіміко-термічна обробка, мікроструктурний аналіз, комбінований спосіб, боровміщуючий компонент, технологічні процеси зміцнення.*

Problem's Formulation

Saturation of the surface of parts with boron in modern production by chemical-thermal treatment (HTO) is a common and attractive step in strengthening metal products. Boride diffusion coatings have high physical and mechanical characteristics, a sufficient degree of wear resistance and microhardness. Significant disadvantages of surface hardening of harrowing technologies are low plasticity of coatings and high cost of boron-containing components. In world practice, the saturation of boron-containing components of the surface of relatively inexpensive available materials is widely used. In some cases, the technological process is used with pre-saturation of the surface layer of boron by chemical-thermal treatment (CTT).

Analysis of recent research and publications

In world practice, hundreds of technologies have been introduced into the production of the machine-building complex to strengthen the surface layer of parts. Important criteria for choosing hardening technologies are wear resistance, microhardness, physical and mechanical, operational properties of coatings. Special attention is paid to the mechanisms of formation of wear-resistant structures of scientists, engineers and workers of the machine-building complex [1—4].

Formulation of the study purpose

On the basis of the analysis of use of the newest ways of strengthening to develop a technique and technology of diffusion drilling, to investigate their influence on modification of a surface layer.

Presenting main material

The process of diffusion boriding of steel parts 45 is carried out in a furnace at a temperature of 850⁰C in the environment of boron-containing components with a holding time of 7 hours until complete cooling. The bored surface of the steel part 45 has three zones (Fig. 1)— boride zone with a thickness of 20—25 μm; transition zone up to 80 μm thick; area of the main material. The boride zone has a dense layer of borides such as FeB, Fe₂B. FeB borides are located in the upper part of the coating, and Fe₂B borides in the lower part. The transition zone has a complex structure due to the nature of the residual stress distribution, the bond strength of the boride layer with the base metal. Therefore, when choosing steel and boriding modes, it is necessary to take into account the influence of the structure of the transition zone, which is directly related to the ability to brittle fracture, the conditions of

fatigue cracks, etc. At the increased content of boron rounded borides of the FeB type are formed that is connected with formation of crystals of the wrong form — lack of elements of symmetry. These phenomena occur when crystals growing simultaneously from many centers inhibit the growth of other crystals and disrupt the formation of the correct cut. In the direction from the surface of the boron layer to the steel base, the volume fraction of the FeB phase decreases more intensively than Fe₂B with a structure in the form of needles — a more correct geometric shape.

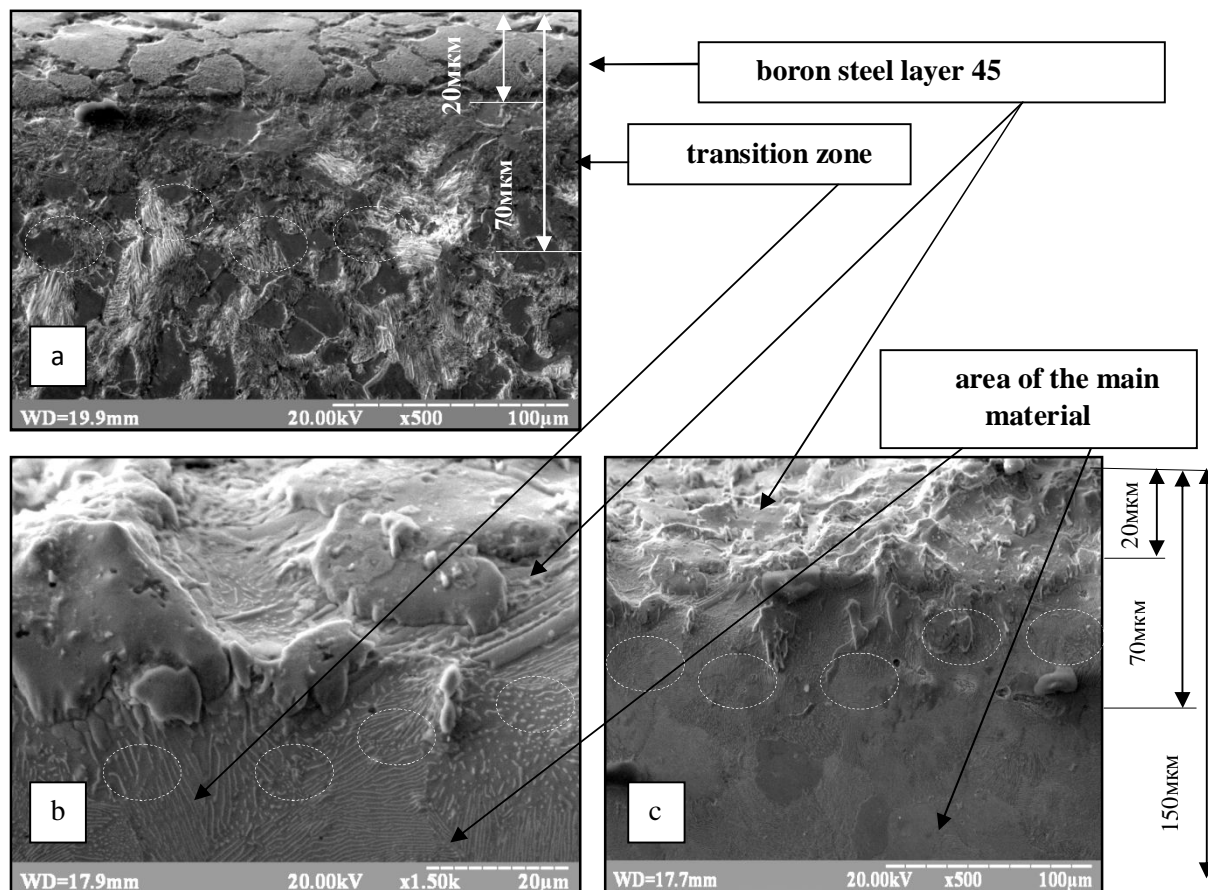


Fig. 1. Microstructure of steel 45 with boron reinforced on the top (side section): a, c — increase $\times 500$, b — $\times 1500$. White circle highlighted areas of textured perlite

Fig. 2 shows an X-ray diffraction pattern of sample 2 fil-523. 26,12,14. Cu-K α radiation of the boron surface of the steel part 45 where the phases of the borides FeB, Fe₂B are clearly observed.

Despite the high hardness of FeB monoboride, its presence leads to negative phenomena — the fragility of the reinforced layers [5—8]. Therefore, more attention and preference is given to Fe₂B crystals with the structure of the correct geometric shape.

As you move away from the surface layer, the concentration of boron decreases. The structure has the form of a mixture of eutectics (a-Fe + Fe₂B) and primary crystals of iron boride of the correct geometric shape. The morphology of boride crystals in the surface layer is different from many similar forms of crystals. It is likely that such a structure is formed by the combined diffusion of boron and carbon from the surface to the depth of the material. Therefore, all formed structural components (carbides, borides and carboborides), which interfere with diffusion flows, dissolve at the beginning of labor, and components with parallel dislocation to the concentration gradient are more likely to avoid solution and grow to significant sizes [9—10]. Figures 1 and 2 show that perlite, which was present in the initial phase of diffusion drilling, was all fragmented, while the plates of newly formed perlite are located along the concentration gradient line and did not receive a significant degree of fragmentation.

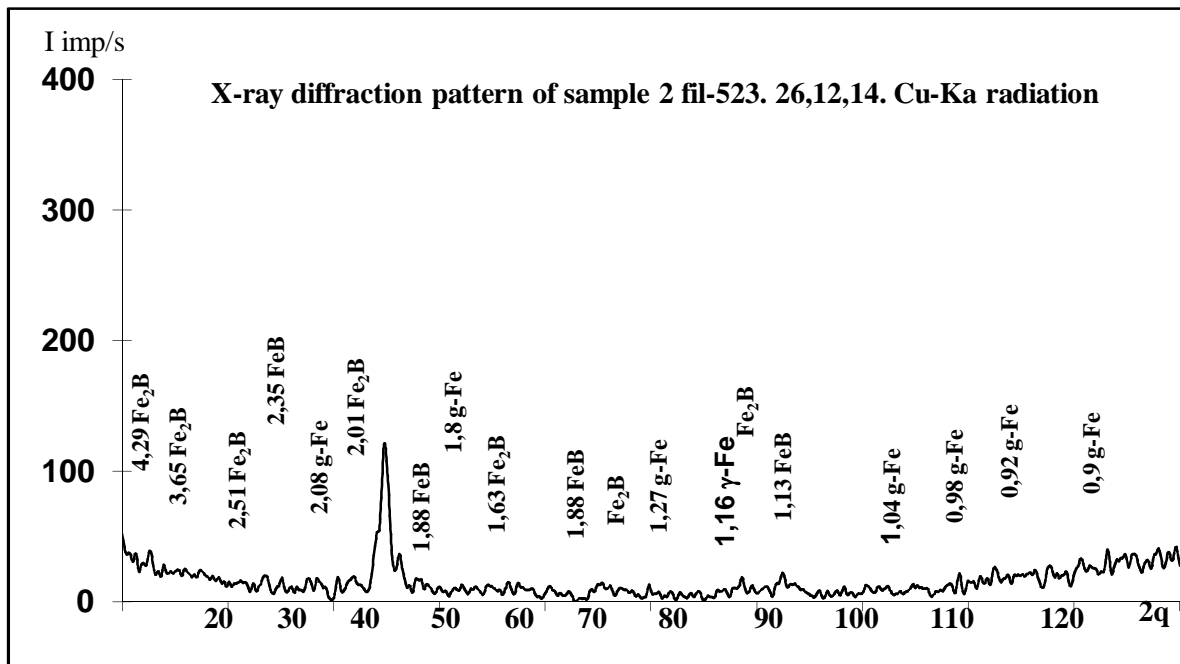


Fig. 2. X-ray diffraction pattern of sample 2 fil-523. 26,12,14. Cu-Ka radiation of the boron surface of the steel part 45 where the phases of the borides FeB, Fe₂B are clearly observed

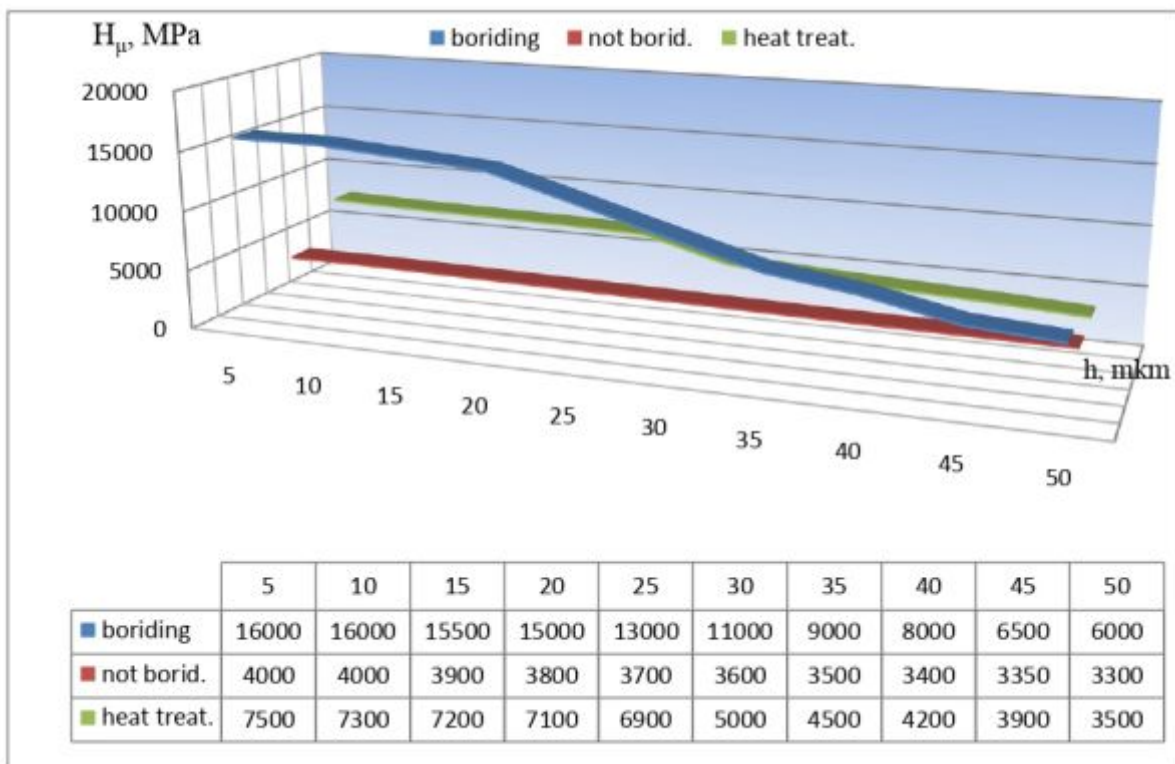


Fig.3. The schedule of change of microhardness depending on depth of the strengthened layer and types of processing

Conclusions

In the structure of boride coatings on steel 45 can be divided into three zones: a dense boron layer with phases such as FeB, Fe₂B, the transition zone of the upper part of which mainly has borides of regular geometric shape, and the lower part with defective structure of boride inclusions. The third zone is under the transition and is characterized by the original perlite-ferritic structure with separate inclusions — products of diffusion drilling.

References

- [1] Kornepoltsev V.N., Guryev A.M., Ludgenov B.D. (2011) Rozrobka tekhnologiy borirovaniya v poroshkovoy srede, sodержashuyu bornuyu kisloty [Development of boring technologies in a powder medium containing boric acid] Obrabotka metalov. *Materialovedeniye* № 2(51), 40–42 [in Russia].
- [2] Batayev I.A., Kyrlayev N.V., Lenivtseva O.G., Butilenkova O.A., Losinskaya A.A. (2012) Morfologiya boridov zsheleza v poverhnostnom sloye, naplavlenom elektronym lychom [Morphology of iron borides in the surface layer deposited by an electron beam] Obrabotkametalov. *Materialovedeniye* № 1(54), 85–90 [in Russia].
- [3] Ivanov S.G., Don Yadzshe, Guryev A.M. (2016) Mikrostryktura difuzionoy zony staly 45 posle sovmestnogo nasichshenuya borom i hromom [The microstructure of the diffusion zone of steel st3 after co-saturation with boron and chromium.] Polzynovskiy almanah № 4, 5–11. [in Russia].
- [4] Devoyno O.G. (2001) Tehnologiya formirovaniya iznosostoykih pokritiy lazernoy obrabotkoy [Technology of the formation of wear surfaces by laser treatment], Minsk: UP "Technology" [in Belarus].
- [5] Cherneta O.G. (2017) Analyz mehanizmov zmitsenya cerednyovygletsevih staley [Analysis of the mechanisms of strengthening medium-carbon steels] O.G. Cherneta, V.I. Kybich, E.S. Skornyakov. / Zbornik naykovih prats "Perspektivny tehnologiyi ta priladi" Lytsky NTU, Vipysk 11(2) P.142–146 [in Ukrainian].
- [6] Cherneta O.G. (2017) Analyz transformatsiy mikrostrukturipoverhnevogosharyizstaly 45 vza-lezshnostyvidtehnologichnyhmetodivodrobky [Analysis of transformations of the microstructure of the surface layer of steel 45 depending on the technological methods of processing] O.G. Cherneta, V.I. Syhomlin, O.M. Korobochka. / Zbornik naykovih prats "Perspektivny tehnologiyi-ta priladi" Lytsky NTU, Vipysk 11(2) P. 147–152. [in Ukrainian].
- [7] Cherneta O.G. (2018) Poverheviyshardetaleyizstaly 45 pislyaboruvanyznastypnoyulazernoyuobrobkoyu . O.G. Cherneta, V.I. Kybich, R.G. Voloshyk. [Features of the structure of the refined surface ball of 45 steel after strengthening by laser boronias fighting] / Mizshnarodnanaykovotehnichnakonferentsiya «Tehnologiya ta infrastrukturatransporty», Harkiv, 14-16 travnya, Tezydopovidey. P. 20–21. [in Ukrainian].
- [8] Cherneta O.G. (2020) Doslidtshenyapoverhnevogo shary detali izstaly 45 pislya kombinovanoyi obrobki. [Investigation of the surface layer of steel parts 45 after combined treatment] Cherneta O.G., Sasov O.O., Averyanov V.S. / Zbirmik naykovih prats IX-oyi Mizshnarodnoy inaykovotehnichnoy konferentsii «Progresivni tehnologiyi v mashinobuduvanni». 3-7 lyutogo 2020. Lviv-Play. P. 159–161. [in Ukrainian].
- [9] Cherneta O.G. (2021) Doslidtshenyatransformatsii mikrostrukturipoverhnevogo shary pislyaboruvanyastaly 45. [Investigation of the transformation of the microstructure of the surface layer after drilling steel 45] O.G. Cherneta, O.M. Korobochka, V.I. Syhomlin. Results of modern scientific research and development (4-6 April 2021) Madrid. Spain. Pp.178–184. [in Ukrainian].
- [10] Cherneta O.G. (2021) Osoblivosti budovi poverhnevogo shary iz staly 45 pislya zmitsnennya boruvannyam i lazernoyu obrobkoyu [Features of the structure of the refined surface ball of 45 steel after strengthening by laser boronias fighting] / Proceedings of I International scientific and practical conference (7-8 July 2021). Chicago, USA. Pp.21–28. [in Ukrainian].

ТЕХНОЛОГІЇ БОРУВАННЯ І ЇХ ВПЛИВ НА МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХНІ Чернета О.Г.

Реферат

Насичення поверхні деталей бором у сучасному виробництві методами хіміко-термічної обробки (ХТО) є поширеним і привабливим кроком при зміцненні металевих виробів. Боридні дифузійні покриття мають високі фізико-механічні характеристики, достатню ступень зносостійкості і мікротвердості. До суттєвих недоліків поверхневого зміцнення технологіями борування є низька пластичність покриттів і висока вартість боровміщуючих компонентів. В світовій практиці широке використання набуває насичення боровміщуючими компонентами поверхні відносно не коштовних доступних матеріалів. В окремих випадках використовуються технологічний процес з попереднім насиченням поверхневого шару бору методами хіміко-термічної обробки (ХТО).

Процес дифузійного борування деталей із сталі 45 здійснюється в печі при температурі 850° С в середовищі боровміщуючих компонентів з витримкою 7 годин до повного остигання. Борована поверхня деталі із сталі 45 має умовно три зони (рис. 1) — зона боридів товщиною 20—25 мкм; перехідна зона товщиною до 80 мкм; зона основного матеріалу. Боридна зона має щільний шар боридів типу FeB, Fe₂B. Бориди FeB розташовуються у верхній частині покриття, а бориди Fe₂B в нижній частині. Перехідна зона має складну будову із-за характеру розподілу залишкових напружень, міцності зв'язку боридного шару з основним базовим металом. Отже при виборі сталі і режимів борування необхідно враховувати вплив структури перехідної зони, що напряму пов'язана з здатністю до крихкої руйнації, умов виникнення втомлених тріщин та інш. В структурі боридних покриттів на сталі 45 умовно можна виділити три зони: щільний борований шар з наявністю фаз типу FeB, Fe₂B, перехідну зону верхня частина якої переважно має бориди правильної геометричної форми, а нижня частина з дефектною структурою боридних включень. Третя зона знаходиться під перехідною і характеризується вихідною перлітоферитною структурою з окремими включеннями — продуктів дифузійного борування.

Література

1. Корнопольцев В.Н., Гурьев А.М., Лыдгенов Б.Д. Разработка технологий борирования в порошковой среде, содержащей борную кислоту. Обработка металлов. Материаловедение №2(51)2011. С.40–42.
2. Батаев И.А., Курлаев Н.В., Ленинцева О.Г., Бутыленкова О.А., Лосинская А.А. Морфология боридов железа в поверхностном слое, наплавленном электронным лучом. Обработка металлов. Материаловедение №1(54)2012. С.85–90.
3. Иванов С.Г., Дон Яджи, Гурьев А.М. Микроструктура диффузионной зоны стали ст3 после совместного насыщения бором и хромом. Ползуновский альманах № 4, 2016. С. 5–11.
4. Девойно О.Г. Технология формирования износостойких поверхностей лазерным легированием: Минск: УП «Технология», 2001. 180 с.
5. Чернета О.Г., Кубіч В.І., Скорняков Е.С. Аналіз механізмів зміцнення середнеуглецевих сталей. Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади»//м. Луцьк грудень 2017 р. Луцьк: Луцький НТУ, 2017. Випуск 11(2). С. 142–146.
6. Чернета О.Г., Сухомлін В.І., Коробочка О.М. Аналіз трансформацій мікроструктури поверхневого шару із сталі 45 в залежності від технологічних методів обробки. Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади»//м. Луцьк грудень 2017 р.: Луцький НТУ, 2017. Випуск 11(2). С. 147–152.
7. Чернета О.Г., Кубіч В.І., Волощук Р.Г. Поверхневий шар деталей із сталі 45 після борування з наступною лазерною обробкою. Міжнародна науково-технічна конференція «Технології та інфраструктура транспорту», Харків, 14-16 травня 2018 р.: Тези доповідей. С. 20–21.
8. Чернета О.Г., Сасов О.О., Авер'янов В.С. Дослідження поверхневого шару деталі із сталі 45 після комбінованої обробки. Збірник наукових праць ІХ-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні». 3-7 лютого 2020. Львів-Плай. С. 159–161.

9. Чернета О.Г., Коробочка О.М., Сухомлін В.І. Дослідження трансформації мікроструктури поверхневого шару після борування сталі 45. Results of modern scientific research and development (4-6 April 2021) Madrid, Spain. Pp.178–184.
10. Cherneta O.G. Features of the structure of the refined surface ball of 45 steel after strengthening by laser boronias fighting/ Proceedings of I International scientific and practical conference (7-8 July 2021). Chicago, USA. Pp. 21–28.