

Көлік қызметі. Инженерлік іс және инженерия

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2024-07>

ӘОЖ: 621.78

GTAMP: 55.09.43

Машина бөлшектерінің қаттылығы мен қатайтылған қабат тереңдігінің өзара байланысы***¹Канибекова М.Ә.**¹Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан*Автор-корреспондент email: m.kanibekoval@gmail.com

Мақала келді:
12 мамыр 2024
Сараптамадан өтті:
25 маусым 2024
Қабылданды:
15 тамыз 2024

Түйіндеме

Бұл мақалада машина бөлшектерінің қаттылығы мен қатайтылған қабат тереңдігі арасындағы тәуелділікті зерттеуге назар аударылды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, қаттылық артқан сайын қатайтылған қабат тереңдігі азаяды, бұл металл бөлшектерінің құрылымдық ерекшеліктерімен және материалдың ішкі аймақтарына энергия таралуының шектеулерімен түсіндіріледі. Қаттылық – материалдың сыртқы күшке қарсыласу қабілетін сипаттайтын маңызды қасиет. Ол бөлшектің жұмыс қабілеттілігіне, тозуға төзімділігіне және соққы жүктемелерге төтеп беру қабілетіне тікелей әсер етеді. Қаттылық жоғарылағанда бөлшек бетінде дислокация тығыздалып, түйіршіктер ұсақталып, пластикалық деформацияға қарсыласу артады. Алайда ішкі аймақтардағы серпімділік пен пластикалық қасиеттердің айырмашылығы энергияның әрі қарай таралуын тежейді, сондықтан қабат тереңдігі азаяды. Бұл құбылыс бөлшектердің сыртқы қабатын тозудан қорғайды, ал ішкі қабаттар серпімділікті сақтап, бөлшектің соққы мен ауыр жүктемелерге төтеп беруін қамтамасыз етеді. Зерттеу барысында алынған нәтижелер графиктер мен математикалық модельдер арқылы дәлелденді және олар инженерлік жобалауда, бөлшектердің сапасын бағалауда, өндірістік процестерді жетілдіруде маңызды құрал бола алады. Бұл мақалада алынған нәтижелер машина жасау өндірісінде бөлшектердің сапасын арттыруға және олардың жұмысқа қабілеттілігін болжауға бағытталған тиімді шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: тозу, діріл, деформация, бөлік, жүктеме, үлгі, бақылау.

Канибекова М.Ә.**Автор туралы ақпарат:**

Техника ғылымдарының магистрі, "Қазақстан тарихы, жалпы білім беретін пәндер және ақпараттық жүйелер" кафедрасының оқытушысы, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2384-0398>. E-mail: m.kanibekoval@gmail.com.

Transport services. Engineering

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2024-07>

UDC: 621.78

IRSTI: 55.09.43

The relationship between the hardness of machine parts and the depth of the hardened layer

*¹Kanibekova M.A.

¹Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author email: m.kanibekova1@gmail.com

Received:
12 May 2024
Peer-reviewed:
25 June 2024
Accepted:
15 August 2024

Abstract

This article focused on the study of the relationship between the hardness of machine parts and the depth of the hardened layer. The results of the study showed that as the hardness increases, the depth of the hardened layer decreases, which is explained by the structural features of the metal parts and the limitations of the energy distribution to the inner areas of the material. Hardness is an important property that characterizes the ability of a material to resist an external force. It directly affects the working capacity of the part, wear resistance and the ability to withstand shock loads. When the hardness increases, the dislocation is compacted on the particle surface, the granules are crushed, and the resistance to plastic deformation increases. However, the difference in elasticity and plastic properties in the inner regions inhibits the further distribution of energy, so the depth of the layer decreases. This phenomenon protects the outer layer of parts from wear, and the inner layers maintain elasticity and ensure that the part can withstand shock and heavy loads. The results obtained in the course of the study have been proven through graphs and mathematical models, and they can be an important tool in engineering design, in assessing the quality of parts, in improving production processes. The results obtained in this article make it possible to make effective decisions aimed at improving the quality of parts and predicting their operability in Mechanical Engineering.

Keywords: wear, vibration, deformation, part, load, sample, control.

Kanibekova M.A.

Information about authors:

Master of technical sciences, lecturer of the Department "History of Kazakhstan, General Education disciplines and Information Systems", Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2384-0398>. E-mail: m.kanibekova1@gmail.com.

Транспортные услуги. Инженерия и инженерное дело

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2024-07>

УДК: 621.78

МРНТИ: 55.09.43

Взаимосвязь твердости деталей машины и глубины затвердевшего слоя***¹Канибекова М.Э.**¹Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г.Алматы, Казахстан*Автор-корреспондент email: m.kanibekova1@gmail.com

Поступила:

12 мая 2024

Рецензирование:

25 июня 2024

Принята в печать:

15 августа 2025

Аннотация

В этой статье основное внимание уделялось изучению зависимости между твердостью деталей машины и глубиной затвердевшего слоя. Результаты исследования показывают, что по мере увеличения жесткости глубина затвердевшего слоя уменьшается, что объясняется конструктивными особенностями металлических частиц и ограничениями распределения энергии по внутренним областям материала. Твердость – важное свойство, характеризующее способность материала сопротивляться внешней силе. Он напрямую влияет на работоспособность детали, износостойкость и способность выдерживать ударные нагрузки. По мере увеличения жесткости на поверхности частицы происходит уплотнение дислокации, гранулы измельчаются, а сопротивление пластической деформации увеличивается. Однако разница в упругости и пластических свойствах во внутренних областях препятствует дальнейшему распределению энергии, поэтому глубина слоя уменьшается. Это явление защищает внешний слой деталей от износа, а внутренние слои сохраняют эластичность и гарантируют, что деталь выдержит удары и большие нагрузки. Результаты, полученные в ходе исследования, были подтверждены графиками и математическими моделями и могут стать важным инструментом в инженерном проектировании, оценке качества деталей, совершенствовании производственных процессов. Полученные в данной статье результаты позволяют принимать эффективные решения, направленные на повышение качества деталей в машиностроительном производстве и прогнозирование их работоспособности.

Ключевые слова: износ, вибрация, деформация, деталь, нагрузка, образец, контроль.

Канибекова М.Э.**Информация об авторах:**

Магистр технических наук, преподаватель кафедры «История Казахстана, общеобразовательные дисциплины и информационные системы», Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2384-0398>. E-mail: m.kanibekova1@gmail.com.

Кіріспе

Қазіргі заманғы машина жасау өндірісінде өнімнің сапасы мен сенімділігі өндірістің басты көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Жобаланатын өнімге сұранысты анықтайтын негізгі факторлардың бірі – оның сапасы. Машина бөлшектерінің қажетті сапасын қамтамасыз ету үшін олардың пайдалану талаптарына толық сәйкестігі қажет, бұл қазіргі уақытта машина жасау саласының өзекті мәселелерінің қатарына жатады. Бөлшектің жұмыс қабілеттілігі мен сенімділігі келесі негізгі талаптарды орындау арқылы қамтамасыз етіледі: беріктік, қаттылық және әртүрлі әсерлерге төзімділік (тозу, діріл, температура және т.б.). Беріктік талаптары статикалық, циклдік және соққы жүктемелер кезінде бұзылу ықтималдығын жоюды, сондай-ақ жол берілмейтін қалдық деформациялардың алдын алуды көздейді. Қаттылыққа қойылатын талаптар бөлшектің немесе жанасу бетінің жұмыс кезінде пайда болатын деформацияларды шектеу қажеттілігінен туындайды, бұл ұзын бөлшектердің жалпы тұрақтылығы мен жұқа элементтердің жергілікті тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, бөлшектің тозуға төзімділігі оның қызмет ету мерзіміне және механизмнің жалпы беріктігіне тікелей әсер етеді [1].

Машина жасауда бөлшектердің белгілі бір тобы – мысалы, біліктер, тісті доңғалақтар, бағыттаушы рельстердің көлденең қималарының өзектері, құрылыс және жол машиналарының пышақтары мен тістері, ірі жіптер және басқа да ауыр жүктемелі элементтер – жоғары сапалы қатайтылған қабаттың қажетті тереңдігін талап етеді. Циклдік жүктемелер әсерінен қатайтылған аймақ пен қатайтылмаған аймақ арасындағы ауысу аймағы бірқалыпты болуы керек, өйткені бұл қосымша кернеу концентраторларының пайда болуын болдырмайды және бөлшектің қызмет ету сенімділігін арттырады. Сондықтан бөлшектердің жұмыс беттеріне қойылатын талаптарды ескере отырып, ең тиімді беттік беріктендіру әдісін таңдау аса маңызды міндет болып табылады [2].

Қазіргі кезде бөлшектердің физика-механикалық қасиеттерін бақылау өндіріс кезеңінде және пайдалану барысында жүргізіледі. Бұл бақылау бұйымдардың сапасын арттыруға және олардың пайдалану мерзімін ұлғайтуға бағытталған. Бақылау әдістері бұзушы және бұзбайтын болып бөлінеді. Бұзушы бақылау әдістері үлгінің бұзылуына алып келеді және белгілі бір шарттарды сақтауды қажет етеді. Алайда бұл әдістің негізгі кемшілігі – сынақ нәтижесінде үлгі бұзылады және қайта пайдалануға жарамсыз болып қалады. Бұзбайтын бақылау әдістері, керісінше, бұйымды бүлдірмей қажетті мәліметтер алуға мүмкіндік береді, сондықтан олар қазіргі өндірісте кеңінен қолданылады.

Беттік беріктендірілген қабаттың қасиеттерін бағалау үшін бұзбайтын бақылау әдістері (магниттік, электромагниттік, ультрадыбыстық және басқа) кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, қаттылықты өлшеу әдістері (Бринелль, Роквелл, Викерс және т.б.) және металлографиялық зерттеулер қатайтылған қабаттың құрылымын және қасиеттерін бағалауда маңызды орын алады. Бұл әдістердің комбинациясы бөлшектердің сапасын бағалауға және олардың жұмысқа жарамдылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді [3].

Әдістер

Қаттылық – материалдың сыртқы күшке қарсыласу қабілетін сипаттайтын физикалық-механикалық қасиет. Машина бөлшектерінің сапасы мен сенімділігі қаттылыққа тікелей байланысты, сондықтан қаттылықты өлшеу олардың күйін бағалаудың маңызды тәсілдерінің бірі болып табылады. Қаттылықты өлшеу әдістері өзара әсерлесу принциптері бойынша жіктеледі.

Машина бөлшектерінің қаттылығын анықтау үшін әртүрлі әдістер қолданылады:

- Бринелль әдісі – бөлшектің бетіне белгілі диаметрдегі болат шарды басып, іздің диаметрін өлшеу арқылы қаттылықты анықтайды. Бұл әдіс ірі бөлшектер мен құрылымдар үшін қолайлы.

- Роквелл әдісі – шар немесе конус индентормен материалға енгізу тереңдігін өлшейді. Жоғары қаттылықтағы бөлшектер үшін тиімді (мысалы, шестернялар, білік мойынтіректері).

- Викерс әдісі – төртбұрышты гауһар пирамиданың қалдырған ізінің ауданы бойынша анықтайды. Бұл әдіс жұқа және қатайтылған қабаттар үшін пайдалы (мысалы, шлифтелген беттер).

- Жағалау әдісі – бөлшектің серпімділік қасиеттерін немесе ену тереңдігін бағалайды. Бұл әдіс ірі бөлшектердің жылдам диагностикасы үшін қолданылады.

- Кузнецов-Герберт-Ребиндер әдісі – маятниктің тербелісінің ыдырау уақытына негізделген. Бұл әдіс бөлшектің беткі қаттылығын анықтауға жарамды.

- Мох шкаласы – бөлшекті белгілі қаттылықтағы минералдармен сызу арқылы қаттылығын бағалау. Бұл әдіс әдетте сапалық бағалау үшін қолданылады.

- ESATEST әдісі – қатты жабын қабаттар үшін ток кедергісі арқылы анықтайды. Қатты қапталған бөлшектерге қолданылады (мысалы, тозуға төзімді қабаттар).

Қатайтылған қабаттың тереңдігін анықтау үшін металлографиялық әдістер де қолданылады, олар құрылымды ою немесе кесу арқылы анықтауды, үлгіні тегістеу және жылтыратуды қамтиды. Бұзбайтын бақылау әдістері, мысалы, магниттік және электромагниттік әдістер, үлгіні бұзбай механикалық қасиеттерін бағалауға мүмкіндік береді. Магниттік әдіс ферромагниттік материалдардан жасалған бұйымдарды бақылау үшін тиімді, ал электромагниттік бақылау әдісі өткізгіш материалдарда индукцияланған құйынды токтардың өзара әрекеттесуін талдау арқылы жүзеге асырылады.

Нәтижелер

Машина жасау саласында бөлшектердің сапасы мен сенімділігін арттыру үшін олардың физика-механикалық қасиеттерін, атап айтқанда, беткі қаттылығы мен қатайтылған қабаттың тереңдігін анықтау өте маңызды. Бөлшектің жұмыс қабілеттілігі оның қаттылығына, беріктігіне және тозуға төзімділігіне тікелей байланысты. Сондықтан қаттылық пен қатайтылған қабат тереңдігі арасындағы тәуелділікті анықтау ғылыми тұрғыдан маңызды мәселе болып табылады.

Кесте 1. Қаттылық мәндері мен қатайтылған қабат тереңдігінің бастапқы мәліметтері

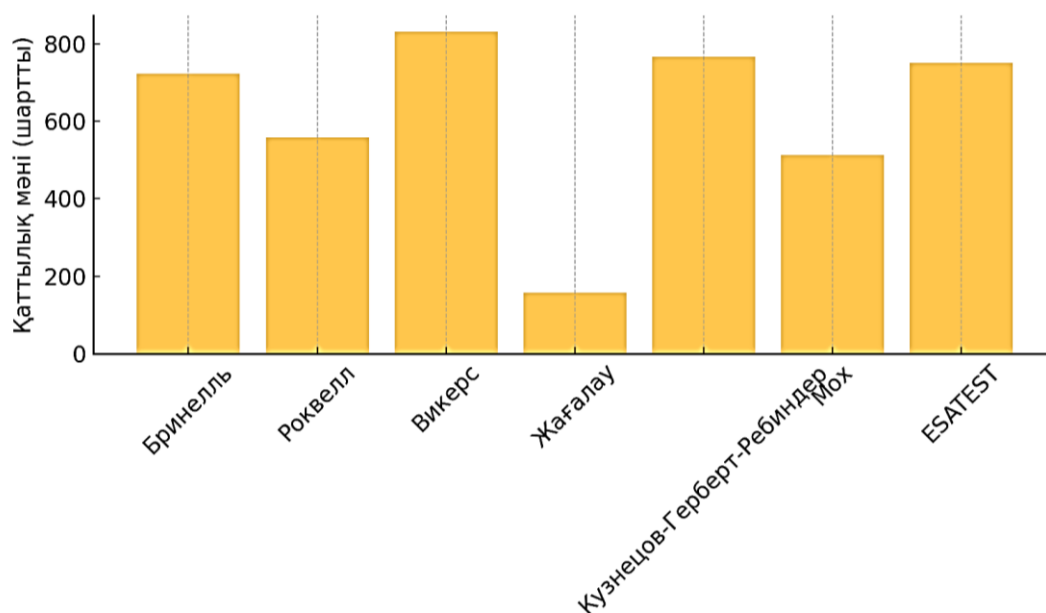
№	Әдіс	Қаттылық (Н)	Қатайтылған қабат тереңдігі (Δh , мм)
1	Бринелль	738	0.39
2	Роквелл	541	0.61
3	Викерс	385	0.89
4	Жағалау	335	1.13
5	Кузнецов-Герберт-Ребиндер	818	0.12
6	Мох	795	0.23
7	ESATEST	636	0.57

Қаттылық пен қатайтылған қабат тереңдігі арасындағы тәуелділікті сызықтық регрессия әдісі арқылы анықтаймыз. Тәуелділіктің жалпы формасы:

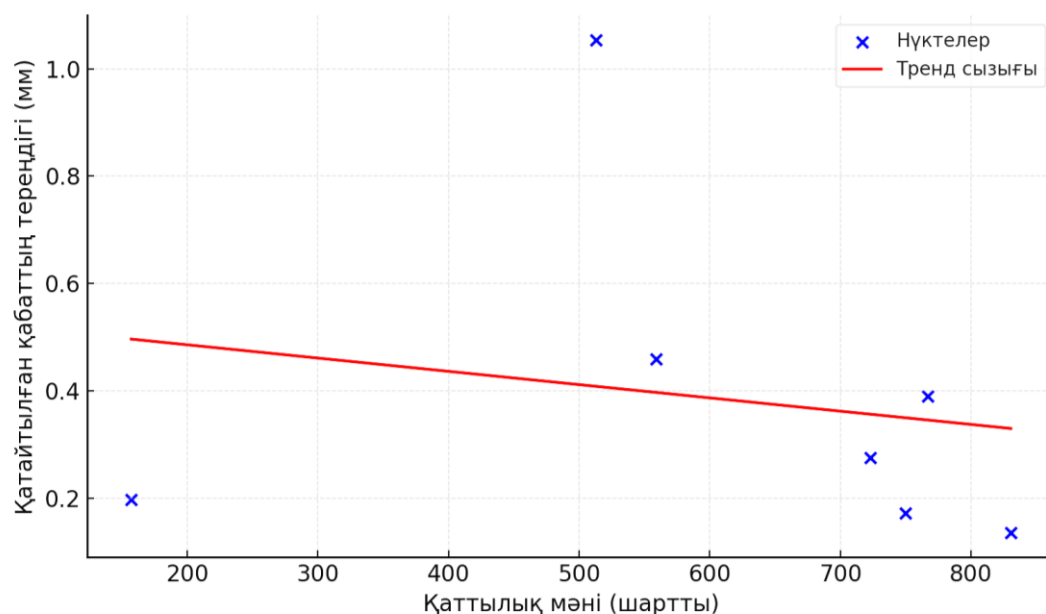
$$\Delta h = a \cdot H + b \quad (1)$$

Мұнда $a = -0.0002$, $b = 0.5353$. Сондықтан тәуелділік формуласы:

$$\Delta h \approx -0,0002 \cdot H + 0,5353 \quad (2)$$



Сурет 1. Қаттылық мәндерінің гистограммасы [автордың материалы]



Сурет 2. Қаттылық пен қатайтылған қабат тереңдігінің тренд диаграммасы [автордың материалы]

Зерттеу нәтижелері қаттылық пен қатайтылған қабат тереңдігі арасында кері тәуелділіктің бар екенін көрсетті: қаттылық артқан сайын қабат тереңдігі азаяды. Бұл металл бөлшектерінің беткі беріктігі жоғары болғанымен, оның ішкі аймақтарына таралуы шектеулі екенін білдіреді. Бұл құбылыс металдың жұмыс кезінде тез тозудан қорғалатындығын қамтамасыз етеді.

Қаттылық мәні мен қабат тереңдігі арасындағы тәуелділік инженерлік жобалауда маңызды рөл атқарады. Алынған формула арқылы бөлшектердің қаттылығына қарап қатайтылған қабаттың тереңдігін болжауға болады. Графиктер мен математикалық

модельдер мәліметтердің айқын көрінісін берді. Бұл әдіс бөлшектердің сапасын бағалауда және өндірістік процестерді жетілдіруде маңызды құрал болып табылады.

Талқылау

Бұл зерттеу барысында қаттылық пен қатайтылған қабат тереңдігі арасындағы тәуелділіктің инженерлік және ғылыми маңыздылығы айқындалды. Эксперименттік және математикалық әдістердің нәтижелері қаттылық мәні артқан сайын қатайтылған қабаттың тереңдігі азаятындығын көрсетті. Бұл құбылыс материал құрылымының өзгеруіне және энергияның беткі қабатта шоғырлануына байланысты.

Жоғары қаттылық мәндері материалдың беткі қабатында дислокациялардың тығыздалуына, түйіршіктердің ұсақталуына және қатты тор құрылымының түзілуіне алып келеді. Бұл беткі қабаттың пластикалық деформацияға төтеп беру қабілетін арттырады.

Ішкі аймақтарға таралу шектеулі болады, себебі серпімділік пен пластикалық қасиеттердің айырмашылығы энергияның әрі қарай таралуын тежейді. Сондықтан қаттылық артқан сайын қатайтылған қабат тереңдігі азаяды.

Практикалық тұрғыдан, бұл құбылыс бөлшектердің тозуға төзімділігін, динамикалық және соққы жүктемелеріне төтеп беру қабілетін қамтамасыз етеді. Әсіресе, тісті доңғалақтар, біліктер және жоғары жүктемелі бөлшектер үшін маңызды.

Графиктер мен математикалық модельдер алынған нәтижелердің дұрыстығын дәлелдейді және оларды жобалау мен өндірісте қолдануға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде машина бөлшектерінің қаттылығы мен қатайтылған қабаттың тереңдігі арасында тығыз байланыс бар екені анықталды. Қаттылық жоғарылаған сайын қатайтылған қабаттың тереңдігі азаяды, бұл бөлшектің құрылымдық ерекшеліктеріне және өңдеу технологияларына байланысты.

Бұл құбылыстың негізгі себебі – бөлшек бетінің қаттылығы жоғарылаған кезде материал құрылымы тығыздалып, энергия беткі қабатта шоғырланып қалады да, ішкі қабаттарға өтуі шектеледі. Осылайша, қатты қабат бөлшекті сыртқы әсерлерден қорғайды, ал ішкі қабаттар серпімділікті сақтап, соққы мен ауыр жүктемелерге төтеп бере алады.

Зерттеу нәтижелері қаттылық пен қабат тереңдігінің арасындағы байланысты дұрыс түсінудің инженерлік жобалауда маңызды екенін көрсетті. Бөлшектердің қажетті қаттылығын таңдау арқылы олардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етуге болады. Бұл әсіресе ауыр жүктемеге ұшырайтын бөлшектер үшін өте маңызды.

Қорытындылай келе, зерттеу нәтижелері келесі маңызды тұжырымдарды көрсетті:

- Қаттылық артқан сайын қабат тереңдігі азаяды, бұл металл бөлшектерінің құрылымдық ерекшелігімен байланысты.
- Бөлшектің беткі қабаты қатты болса, ол тозуға төзімді, ал ішкі қабаттардың серпімділігі оны сынудан сақтайды.
- Зерттеу барысында алынған деректер инженерлік жобалауда, бөлшектердің сапасын бақылауда және өндірістік процестерді жетілдіруде маңызды рөл атқарады.
- Қаттылық пен қабат тереңдігінің арасындағы тәуелділікті түсіну өндіріс тиімділігін арттыруға және бөлшектердің сенімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Осы зерттеудің нәтижелері бөлшектердің сапасын арттыруға бағытталған практикалық шешімдерді қабылдау үшін және олардың жұмыс қабілеттілігін болжау үшін пайдалы болады.

Мүдделер қақтығысы. Корреспондент автор мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Осы мақалаға сілтеме: Канибекова М.Ә. Машина бөлшектерінің қаттылығы мен қатайтылған қабат тереңдігінің өзара байланысы // Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyнын Khabarshysy. 2024;3 (7): 58-65. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2024-07>

Cite this article as: Kanibekova M.A. Mashina bolshekterinin kattylygy men katajtylgan kabat terendiginin ozara bajlanysy [The relationship between the hardness of machine parts and the depth of the hardened layer]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogoinstitutu= Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyнын Khabarshysy. 2024;3 (7): 58-65. (In Rus.). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.3-2024-07>

Әдебиеттер

- [1] Степанова Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие. Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет, 2009. 64 с.
- [2] Лаврова С.А. Загадки и тайны архитектуры: занимательное искусствование. Москва: Белый город, 2006. 48 с.
- [3] Гаркунов Б.М., Тищенко А.А. Анализ методов и устройств для контроля упрочненного слоя металлических изделий. Вестник НТУ «ХПИ». Харьков, 2010. С. 24-26.
- [4] Базров Б.М. Основы технологии машиностроения. Учебник для вузов. 4-е изд. Москва: Машиностроение, 2017. 736 с.
- [5] Андриенко Л.А., Байков Б.А., Захаров М.Н. и др. Детали машин: учебник для вузов. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 465 с.
- [6] Гордин П.В., Росляков Е.М., Эвелеков В.И. Детали машин и основы конструирования: учебное пособие. Санкт-Петербург: СЗТУ, 2016. 186 с.

References

- [1] Stepanova T.Yu. Tekhnologii poverkhnostnogo uprochneniya detaley mashin: uchebnoe posobie [Technologies of surface hardening of machine parts: tutorial]. Ivanovo: Ivanovo State University of Chemical Technology, 2009. 64 p. (in Russ.).
- [2] Lavrova S.A. Zagadki i tayny arkhitektury: zanimatel'noe iskusstvovedenie [Mysteries and secrets of architecture: entertaining art history]. Moscow: Bely Gorod, 2006. 48 p. (in Russ.).
- [3] Garkunov B.M., Tishchenko A.A. Analiz metodov i ustroystv dlya kontrolya uprochnennogo sloya metallicheskih izdeliy [Analysis of methods and devices for monitoring the hardened layer of metal products]. Vestnik NTU "KhPI" = Bulletin of NTU "KhPI", Kharkov, 2010. P. 24-26. (in Russ.).
- [4] Bazrov B.M. Osnovy tekhnologii mashinostroeniya: uchebnik dlya vuzov [Fundamentals of machine-building technology: textbook for universities]. 4th ed. Moscow: Mashinostroenie, 2017. 736 p. (in Russ.).
- [5] Andrienko L.A., Baikov B.A., Zakharov M.N., et al. Detali mashin: uchebnik dlya vuzov [Machine parts: textbook for universities]. Moscow: MSTU named after N.E. Bauman, 2014. 465 p. (in Russ.).
- [6] Gordin P.V., Roslyakov E.M., Evelekov V.I. Detali mashin i osnovy konstruirovaniya: uchebnoe posobie [Machine parts and fundamentals of design: tutorial]. St. Petersburg: SZTU, 2016. 186 p. (in Russ.).