

РОЗРОБКА НАУКОВИХ ОСНОВ ПОЛІПШЕННЯ ОБРОБЛЮВАНОСТІ ДЕТАЛЕЙ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ АУСТЕНИТНИХ СТАЛЕЙ

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Аксом П.А., Національний транспортний університет, Київ, Україна

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC BASES IMPROVED PROCESSIBILITY OF VEHICLES PARTS
MADE OF AUSTENITIC STEEL

Posvyatenko E.K., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Aksom P.A., National Transport University, Kyiv, Ukraine

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ УЛУЧШЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ДЕТАЛЕЙ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ИЗ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ

Посвятенко Е.К., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Аксём П.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми.

Сталі аустенітного класу є розповсюдженими та застосовуються в більшості транспортних засобів. Існують суттєві складності при обробленні деталей транспортних засобів, а саме, низька продуктивність, велика вартість інструменту та не екологічність процесу.

Аналіз останніх джерел.

В останніх публікаціях на дану тему розглядаються: характерні параметри різання, що впливають на продуктивність процесу; області застосування аустенітних сталей в машинобудуванні; методики підвищення оброблюваності аустенітних сталей та теоретичні основи для побудови математичної моделі різання.

Мета статті.

В даній статті розглядається математична модель оброблюваності аустенітної сталі та вплив попереднього холодного пластичного деформування, у поєднанні з мастильно-охолоджуючими речовинами, на показники оброблюваності цих сталей.

Основний матеріал.

Відомо, що процес різання є, головним чином, простим зсувом, який кількісно характеризується деформацією e [1,2]. Між цією деформацією, усадкою стружки o і переднім кутом γ існує залежність О.М. Розенберга і Т.М. Лоладзе

$$e = \frac{o^2 - 2o \sin \gamma + 1}{o \cos \gamma}. \quad (1)$$

Таким чином, про інтенсивність деформації при різанні можна судити, знаючи величину усадки стружки.

У свою чергу, між усадкою стружки та довжиною c її повного контакту з передньою поверхнею інструменту існує залежність М.Ф. Полетики [3]:

$$\frac{c}{a} = o^l, \quad (2)$$

де $l = 1,5$ при $o < 4$; $l = 1,3$ при $o > 4$; a – товщина зрізу, мм.

Отже, усадка стружки o та довжина c повного контакту, які досить точно визначаються простими вимірювальними засобами, можуть надійно свідчити про оброблюваність різанням того чи іншого металу. При цьому зменшення цих показників процесу, означатиме поліпшення оброблюваності матеріалу.

Виходячи із приведених вище передумов, раніше нами було встановлено, що важливими факторами сильного впливу на оброблюваність аустенітних сталей є попередня обробка останніх холодним пластичним деформуванням (ХПД) і введенням у зону цієї обробки мастильно-охолоджувальної речовини (МОР). Дещо слабше впливає на процес швидкість різання x і майже не впливає у діапазоні досліджуваних факторів передній кут (γ).

Тому для опису об'єкту дослідження, яким у нашому випадку є оброблюваність аустенітних сталей, користуємося кібернетичною системою або "чорним ящиком" [4] (рис. 1).

Стрілки праворуч показують числові характеристики цілей дослідження. Вони позначаються буквою y та називаються параметрами оптимізації. Ці параметри – це усадка o і повна довжина контакту стружки з передньою поверхнею інструменту c , при цьому o – це y_1 , а c – y_2 .



Рисунок 1 – Схема опису об'єкту дослідження

Для проведення дослідження необхідно мати можливість впливати на поведінку "чорного ящика". Всі способи такого впливу позначаються буквою x та називаються факторами. У нашому випадку – це ХПД (HV , H_n , МПа), МОР (олії рослинного походження) та x (м/с), відповідно x_1 , x_2 , x_3 .

Під математичною моделлю мається на увазі рівняння, що пов'язує параметр оптимізації з факторами. Це рівняння в загальному вигляді можливо записати так:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (3)$$

Фактором називається змінна величина, що може бути вимірною, яка в деякий момент часу приймає певне значення. Фактори відповідають способам впливу на об'єкт дослідження.

Плануючи експеримент, ми отримуємо лінійну модель. Однак, в нашому випадку ми маємо нелінійну модель, в якій один фактор залежить від рівня на якому знаходиться інший фактор.

Розглянемо матрицю повного факторного експерименту типу 2^3 з нелінійною залежністю між факторами. В цьому випадку матриця матиме наступний вигляд.

Таблиця 1 – Матриця повного факторного експерименту типу 2^3

№ спроби	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$	y
1	+	-	-	+	+	-	-	+	y_1
2	+	+	-	-	-	-	+	+	y_2
3	+	-	+	-	-	+	-	+	y_3
4	+	+	+	+	+	+	+	+	y_4
5	+	-	-	-	+	+	+	-	y_5
6	+	+	-	+	-	+	-	-	y_6
7	+	-	+	+	-	-	+	-	y_7
8	+	+	+	-	+	-	-	-	y_8

Виходячи з даної матриці запишемо рівняння математичної моделі:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3 \quad (4)$$

Коефіцієнти знаходимо за формулою:

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} y_i \quad (5)$$

Значення y з експериментів:

$y_1 = 3,69; y_2 = 3,91; y_3 = 3,64; y_4 = 3,96; y_5 = 3,72; y_6 = 3,87; y_7 = 3,69; y_8 = 3,81.$

Знаходимо коефіцієнти рівняння:

$b_0 = 3,786; b_1 = 0,81; b_2 = -0,09; b_3 = 0,13;$
 $b_{12} = 0,07; b_{13} = 0,09; b_{23} = 0,27; b_{123} = 0,11.$

Для визначення помилки досліду (помилка відтворюваності), знаходимо середнє арифметичне значення результатів:

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{q=1}^n y_q \quad (6)$$

$$\bar{y} = \frac{3,69 + 3,91 + 3,64 + 3,96 + 3,72 + 3,87 + 3,69 + 3,81}{8} = 3,786.$$

Відхилення результату будь-якого досліду від середнього арифметичного можливо представити як різницю $y_q - \bar{y}$, де y_q – результат окремого досліду. Дисперсія s^2 виражається формулою:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{q=1}^n (y_q - \bar{y})^2 \quad (7)$$

$$s^2 = \frac{(y_1 - \bar{y})^2 + (y_2 - \bar{y})^2 + (y_3 - \bar{y})^2 + (y_4 - \bar{y})^2 + (y_5 - \bar{y})^2 + (y_6 - \bar{y})^2 + (y_7 - \bar{y})^2 + (y_8 - \bar{y})^2}{n - 1},$$

$$s^2 = \frac{0,097388}{7} = 0,0139$$

Середнє квадратичне відхиленням:

$$s = \sqrt{0,0139} = 0,117$$

Грубі помилки відкидаються з використанням критерію Стьюдента

$$\frac{y - \bar{y}}{s} \geq t \quad (8)$$

Значення t беремо з таблиці Стьюдента.

Взявши найбільше значення різниці між отриманим та середнім значенням параметра оптимізації, що рівне 0,174, та розділивши його на значення квадратичної помилки – 0,117, отримуємо 1,49, що є менше, ніж табличне значення критерію Стьюдента ($t = 2,31$ для $N=8$ та при рівні значущості $P=0,05$).

Для визначення можливості проведення регресивного аналізу розраховуємо однорідність дисперсій паралельних дослідів за критерієм Кохрена, G_p :

$$G_p = \frac{s_{i\max}^2}{\sum_{i=1}^N s_i^2} \quad (9)$$

$$G_p = \frac{0,03}{0,117} = 0,256$$

Розрахункове значення G_p зрівнювали з табличним $G_{\text{табл}}$ для степенів вільності: $f_1 = n - 1, f_2 = N$ і відповідно за рівнем значущості $\alpha = 0,05$:

$$G_{\text{табл}} = 0,319 > G_p = 0,256$$

Тоді дисперсія відтворюваності:

$$s^2(y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i^2 \quad (10)$$

$$s^2(y) = \frac{0,117}{8} = 0,0146.$$

Похибка експерименту:

$$s(y) = \sqrt{s^2(y)} = 1,46\%,$$

що менше допустимої (4,0%).

Тоді рівняння математичної моделі буде таким:

$$y = 3,786 + 0,81x_1 - 0,09x_2 + 0,13x_3 + 0,07x_1x_2 + 0,09x_1x_3 + 0,27x_2x_3 + 0,11x_1x_2x_3. \quad (11)$$

Для повного факторного експерименту похибки всіх коефіцієнтів рівні між собою і визначаються за формулою:

$$s(b_i) = \frac{s(y)}{\sqrt{N}} \quad (12)$$

$$s(b_i) = 0,52.$$

Коефіцієнт є значущим, якщо його абсолютна величина більша від половини довжини довірчого інтервалу.

Довірчий інтервал довжиною Δb :

$$\Delta b_i = t_{кр} s(b_i), \quad (13)$$

де $t_{кр}(0,05;8) = 2,31$ – критичне значення критерію Стьюдента 5% – го рівня значущості, $\Delta b_i = 1,2$.

Далі перевіримо рівняння математичної моделі на адекватність. Розсіювання результатів експерименту відповідно до рівняння регресії характеризуються залишковою дисперсією адекватності за заданого $f_{ад}$.

$$s_{ад}^2 = \frac{s^2(y)}{f_{ад}} \quad (14)$$

Модель адекватна, якщо виконується умова:

$$F = \frac{s_{ад}^2}{s^2(y)} \leq F(0,05; f_{ад}; f_N), \quad (15)$$

де $F(0,05; f_{ад}; f_N) = 4,46$ – критерій Фішера за 5%-го рівня значущості; $f_{ад} = N - z = 2$, $f_N = 8$.

$$s_{ад}^2 = \frac{1}{8-6} 0,117 = 0,0585;$$

тоді

$$F = \frac{s_{ад}^2}{s^2(y)} = \frac{0,0585}{0,0146} = 4,00.$$

Оскільки $F = 4,00 < 4,46$, то рівняння математичної моделі вважається адекватним.

З метою перевірки адекватності математичної моделі, було також проведено експериментальне дослідження при вільному ортогональному різанні сталі 08X18H10 у незміцненому та зміцненому ХПД до різної твердості стані (рис. 2). З цього рисунка витікає, що попереднє зміцнення призводить до зниження усадки стружки, тобто до поліпшення оброблюваності [5].

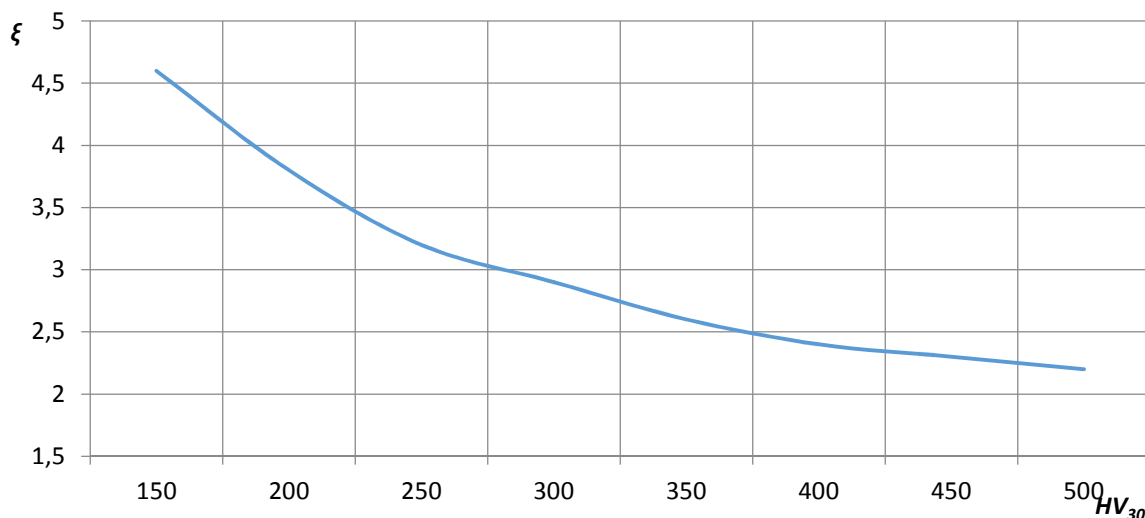


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта усадки стружки σ від твердості сталі 08X18H10 у незміцненому та зміцненому ХПД до різної твердості стані

Як видно з наведеного графіка, при збільшенні твердості оброблюваного матеріалу після процесу холодного пластичного деформування (ХПД), коефіцієнт усадки стружки σ , зменшився більш, ніж в 2 рази.

При цьому довжина повного контакту (c) різального інструменту також зменшилася на 50%. Це свідчить про прямопропорційну залежність та вплив ХПД та МОР на показники оброблюваності металу – σ та c .

ВИСНОВОК

Розроблені наукові основи поліпшення оброблюваності деталей транспортних засобів, які виготовляються із аустенітних сталей. Створена математична модель процесу, яка перевірена на адекватність теоретичними та експериментальними методами. Аналіз моделі показав, що найбільший

вплив на поліпшення оброблюваності аустенітних сталей чинять попереднє холодне пластичне деформування та екологічно чисті МОР рослинного походження. Про цей вплив свідчить різке зниження коефіцієнта усадки стружки та загальної довжини контакту останньої з передньою поверхнею інструменту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розенберг А.М. Элементы теории процесса резания металлов / А.М. Розенберг, А.Н. Ерёмин.– М.; Свердловск: Машгиз, 1956. – 318 с.
2. Развитие науки о резании металлов / [коллектив авторов]; под ред. Н.Н. Зорева. – М.: Машиностроение, 1967. – 416 с.
3. Полетика М. Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента / М. Ф. Полетика. – Москва: Машиностроение, 1969. – 148 с.
4. Бродский В.З. Введение в факторное планирование эксперимента / Бродский В.З. – Москва: Наука. – 1976. – 223 с.
5. Посвятенко Е.К. Основні напрямки поліпшення оброблюваності деталей із аустенітних сталей / Е.К. Посвятенко, П.А. Аксьом, Р.В. Будяк // Вісник Національного транспортного університету. Серія: “Технічні науки”. – 2016. – №1 (34). – С. 370 – 377.
6. Посвятенко Е.К. Особливості обробки деталей засобів транспорту із аустенітних сталей / Е.К. Посвятенко, П.А. Аксьом // Вісник Національного транспортного університету. Серія: “Технічні науки”. – 2015. – №1 (31). – С. 443 – 449.
7. Посвятенко Е.К. Відновлення деталей засобів транспорту із аустенітних сталей / Е.К. Посвятенко, П.А. Аксьом // Вісник Національного транспортного університету. Серія: “Технічні науки”. – 2015. – №2 (32). – С. 210 – 218.
8. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента: Пер. с англ. Е.Г.Коваленко / Шенк Х. - Москва: Мир. - 1972. – 381 с.

REFERENCES

1. Rozenberg A.M. Elements of the theory of metal cutting process. Moskva; Sverdlovsk: Mashgiz, 1956. P. 318. (Rus)
2. Zorev N.N. The development of the science of metal cutting. Moskva: Mashinostroenie, 1967. P. 416. (Rus)
3. Poletika M.F. The contact surfaces of the load on the cutting tool. Moskva: Mashinostroenie, 1969. P. 148. (Rus)
4. Brodskiy V.Z. Introduction to factorial experimental design. Moskva: Nauka, 1976. P. 223. (Rus)
5. Posvyatenko E.K., Aksom P.A. The main directions of improving processibility of austenitic steels details. Kiev: National Transport University, 2016. Vol. 1. P. 370 – 377. (Ukr)
6. Posvyatenko E.K., Aksom P.A. Processing features of vehicles parts made of austenitic steel: National Transport University, 2015. Vol. 1. P. 443 – 449. (Ukr)
7. Posvyatenko E.K., Aksom P.A. Recovery vehicle parts made of austenitic steel: National Transport University, 2015. Vol. 2. P. 210 – 210. (Ukr)
8. Shenk Kh. Theory of engineering experiment. Moskva: Mir, 1972. P. 381. (Rus)

РЕФЕРАТ

Посвятенко Е.К. Розробка наукових основ поліпшення оброблюваності деталей транспортних засобів із аустенітних сталей / Е.К. Посвятенко, П.А. Аксьом // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Ч.1: Серія «Технічні науки» – К.: НТУ, 2016. – Вип. 18.

На основі раніше проведених теоретичних та практичних досліджень та проаналізованої літератури, було обрано ряд фізико-механічних параметрів процесу різання аустенітних сталей, та вивчено їхній вплив. Серед цих параметрів розглядалися швидкість різання, твердість оброблюваної поверхні та мастильно-охолоджуючі рідини.

В статті розглядається новий метод покращення оброблюваності деталей транспортних засобів із аустенітних сталей, який полягає в поєднанні попереднього холодного пластичного деформування та використання екологічних мастильно-охолоджуючих рідин. Цей метод полягає в механічному впливі на оброблювану поверхню, шляхом поперечного стиску без підігріву. В процесі обробки досліджуваних матеріалів, застосовувалися мастильно-охолоджуючі рідини,

зокрема, рослинного походження. Поєднання цих методів дозволило суттєво покращити оброблюваність деталей транспортних засобів із аустенітних сталей.

Розроблена математична модель, що ґрунтується на матриці повного факторного експерименту типу 2^3 з нелінійною залежністю між факторами, дозволяє прогнозувати вплив різних факторів процесу різання на показники оброблюваності. За основу математичної моделі було обрано багатофакторну математичну модель. Адекватність математичної моделі перевірялася за декількома критеріями, серед яких: критерії Стюдента, Кохрена та Фішера, а також була доведена експериментально.

В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що використання холодного-пластичного деформування, а саме, поперечного здавлювання зразків, та мастильно-охолоджувальних рідин рослинного походження позитивно впливає на оброблюваність досліджуваної сталі. Це проявляється в зниженні коефіцієнта усадки стружки та довжини контакту стружки з різальним інструментом, які, як відомо, є критеріями оброблюваності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АУСТЕНІТНА СТАЛЬ, ОБРОБЛЮВАНІСТЬ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧА РІДИНА, ХОЛОДНЕ-ПЛАСТИЧНЕ ДЕФОРМУВАННЯ, УСАДКА СТРУЖКИ, ДОВЖИНА КОНТАКТУ ПО ПЕРЕДНІЙ ПОВЕРХНІ.

ABSTRACT

Posvyatenko E.K., Aksom P.A. Development of scientific bases improved processibility of vehicles parts made of austenitic steel. / E.K. Posvyatenko, P.A. Aksom // Project management, systems analysis and logistics. Part 1: Series «Engineering» – К.: NTU – 2016. – Vol. 18.

On the basis of earlier theoretical and practical research and analyzed the literature, it was taken by a series physical and mechanical parameters of the process of cutting austenitic steels and studies their effects. Among these parameters were considered the cutting speed, the hardness of the treated surface and cutting fluids.

The article discusses a new method for improving the processability of parts of vehicles made of austenitic steel, which is to combine the pre-cold plastic deformation and the use of environmental coolants. This method consists in a mechanical impact onto the surface by transverse compression without preheating. During the processing of the materials, used cutting oils, in particular vegetable origin. Combinations of these methods significantly improved processing of vehicles parts made of austenitic steel.

The developed mathematical model that is based on a 2^3 type matrix of full factorial experiment with non-linear dependence between factors, allows predicting the impact of various factors on the process of cutting machinability indices. As the basis of a mathematical model was taken multifactor mathematical model. Adequacy of the mathematical model was tested on several criteria, including: t-test, Cochran's and Fisher also was tested experimentally.

As a result of experimental studies found that the use of cold-plastic deformation and cutting fluids, positive effect on the steel processability. This is reflected in the reduction ratio chips shrink and contact length with the chip cutting tool.

KEYWORDS: AUSTENITIC STEEL, PROCESSABILITY, MATHEMATICAL MODEL, LUBRICANT COOLANT FLUID, COLD PLASTIC DEFORMATION, SHRINKAGE, LENGTH CONTACTS ON THE FRONT SURFACE.

РЕФЕРАТ

Посвятенко Е.К. Разработка научных основ улучшения обрабатываемости деталей транспортных средств из аустенитной стали / Е.К. Посвятенко, П.А. Аксём // Управление проектами, системный анализ и логистика. Ч.1: Серия «Технические науки» – К.: НТУ, 2016. – Вып. 18.

На основании проведенных раньше теоретических и практических исследований и проанализированной литературы, было взято ряд физико-механических параметров процесса резания аустенитных сталей, и изучено их влияние. Среди этих параметров рассматривались скорость резания, твердость обрабатываемой поверхности и смазочно-охлаждающие жидкости.

В статье рассматривается новый метод улучшения обрабатываемости деталей транспортных средств из аустенитной стали, который состоит в объединении предварительного холодного пластического деформирования и использования экологических смазочно-охлаждающих жидкостей. Этот способ состоит в механическом влиянии на обрабатываемую поверхность, путем поперечного сжатия без подогрева. В процессе обработки исследуемых материалов, применялись смазочно-

охлаждающие жидкости, в частности, растительного происхождения. Объединение этих методов позволило существенно улучшить обрабатываемость деталей транспортных средств из аустенитной стали.

Разработанная математическая модель, что базируется на матрице полного факторного эксперимента типа 2^3 с нелинейной зависимостью между факторами, позволяет прогнозировать влияние разных факторов процесса резания по показателям обрабатываемости. Как основу математической модели было взято многофакторную математическую модель. Адекватность математической модели проверялась по нескольким критериям, среди которых: критерий Стьюдента, Кохрена и Фишера, также адекватность была доведена экспериментально.

В результате экспериментальных исследований обнаружено, что использование холодного-пластического деформирования и смазочно-охлаждающих жидкостей положительно влияет на обрабатываемость исследуемой стали. Это проявляется в снижении коэффициента усадки стружки и длины контакта стружки с резальным инструментом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АУСТЕНИТНАЯ СТАЛЬ, ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ, ХОЛОДНОЕ-ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ, УСАДКА СТРУЖКИ, ДЛИНА КОНТАКТА ПО ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ.

АВТОРИ:

Посвятенко Едуард Карпович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: natali1963@ukr.net, тел. +380444108007, Україна, 04211, м. Київ, вул. Приозерна, 4а, кв. 54.

Аксом Петро Андрійович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: petro.aksom@gmail.com, тел. +380959404750, Україна, 89600, Закарпатська обл., м. Мукачево, вул. В.Стуса, 8, кв. 5.

AUTHOR:

Posvyatenko Eduard Karpovych, Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor of departments of manufacturing, repair and materials engineering, e-mail: natali1963@ukr.net, phone +380444108007, Ukraine, 04211, Kyiv, Priozerna str., 4a, f. 54.

Aksom Petro Andriyovych, National Transport University, post-degree student of departments of manufacturing, repair and materials engineering, e-mail: petro.aksom@gmail.com, phone +380959404750, Ukraine, 89600, Transcarpathian region, Mukachevo, V.Stusa str., 8, f. 5.

АВТОРЫ:

Посвятенко Эдуард Карпович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Производство, ремонт и материаловедение», e-mail: natali1963@ukr.net, тел. +380444108007, Украина, 04211, г. Киев, ул. Приозерная, 4а, кв. 54.

Аксём Петр Андреевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Производство, ремонт и материаловедение», e-mail: petro.aksom@gmail.com, тел. +380959404750, Украина, 89600, Закарпатская обл., г. Мукачево, ул. В. Стуса, 8, кв. 5.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Матейчик Василь Петрович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Екології та безпеки життєдіяльності», декан Автомеханічного факультету, Київ, Україна.

Клименко Сергій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, заступник директора «Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України», Київ, Україна.

REVIEWER:

Mateichyk Vasil Petrovych, Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor of departments ecology and safety of vital functions, dean of the Automobile Mechanic Faculty, Kyiv, Ukraine. Klimentko Sergey Anatolijovych, assistant director of V.Bakul Institute for Superhard materials NASU Ukraine, Kyiv, Ukraine.