

## ПРО ПРИРОДУ ВПЛИВУ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ НА ОБРОБЛЮВАНІСТЬ АУСТЕНИТНИХ СТАЛЕЙ

*Посвятенко Е.К.*, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6606-1365

*Аксом П.А.*, аспірант, Національний транспортний університет, Київ, Україна, petro.aksom@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5270-6812

## ON THE NATURE OF THE EFFECT OF STRAIN HARDENING ON THE MACHINABILITY OF AUSTENITIC STEELS

*Posviatenko E.K.*, Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6606-1365

*Aksom P.A.*, post-degree student, National Transport University, Kyiv, Ukraine, petro.aksom@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5270-6812

## О ПРИРОДЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ

*Посвятенко Э.К.*, доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6606-1365

*Аксём П.А.*, аспирант, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, petro.aksom@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5270-6812

### **Постановка проблеми.**

Першим, хто відзначив підвищення оброблюваності різанням пластичних нетермоміцнених сталей попереднім холодним деформуванням, був Я.Г. Усачов. Для цього він провів серію точних порівняльних експериментів, результати яких було опубліковано у 1915 році. На такий же шлях поліпшення оброблюваності, тобто використання для цього попереднього холодного пластичного деформування, указували у різні часи В.М. Подураєв, О.М. Розенберг, Ю.Г. Проскураков, Е.М. Trent, Н.Е. Епаного та інші науковці. У той же час дослідження цих фахівців були фрагментарними, не мали системного характеру і стосувались, головним чином, лише напрямку поліпшення оброблюваності без пояснень суті явища. Крім того, вказані дослідження стосувались лише маловуглецевих і низьколегованих сталей. Не відзначалась також роль мастильно-охолоджувальних речовин у поєднанні з холодною пластичною деформацією.

Виходячи із сказаного, нами була сформульована мета дослідження, яка полягала у знаходженні шляхів поліпшення властивостей відновлюваних деталей засобів транспорту із аустенітних сталей сумісною дією холодного пластичного деформування (ХПД) і екологічно чистих мастильно-охолоджувальних рідин рослинного походження при механічній обробці, а також пояснення природи дії цих факторів.

### **Теоретичні засоби, методика та результати дослідження.**

Сталі аустенітного класу (жаро-, корозійно- та зносостійкі) мають виключно низьку оброблюваність різанням. Це обмежує застосування таких сталей у точних деталях машин. Більшість виробів із аустенітних сталей використовуються у техніці без фінішної механічної обробки. З метою розширення номенклатури деталей проведено комплексне дослідження, кінцевим результатом якого було поліпшення оброблюваності аустенітних сталей різанням.

Виходячи з цих передумов та враховуючи результати наших попередніх досліджень [1, 2], встановлено, що у зоні низьких та середніх швидкостей різання, характерних для обробки складним інструментом із швидкорізальної сталі (протягування, нарізання різьби, довбання тощо), факторами сильного впливу на оброблюваність аустенітних сталей є попередня обробка останніх холодним пластичним деформуванням та введення у зону різання рослинних мастильно-охолоджувальних рідин. Дещо слабше діє на процес швидкість різання, а інші фактори, у тому числі і передній кут, майже не впливають на оброблюваність у діапазоні досліджуваних факторів.

Роль попереднього холодного пластичного деформування полягає у тому, що при проведенні процесу виконується частина роботи, яку мала б виконати обробка різанням недеформованої аустенітної сталі. Крім того, частина аустеніту під дією деформації перетворюється у мартенсит. Тобто сталь отримує певні феромагнітні властивості, що також поліпшує її оброблюваність. Використання середовища рослинного походження поліпшує контактні процеси на передній поверхні інструменту. Отже, в результаті отримуємо подвійний позитивний ефект: з боку зони стружкоутворення через попереднє об'ємне холодне пластичне деформування, а з боку контактної зони – через ефективне екологічно чисте рослинне середовище.

У процесі досліджень застосовувався запропонований новий ефективний, але простий метод поперечного стиску оброблюваного матеріалу, що забезпечувало необхідну кількість цього матеріалу для експериментів. Величина попередньої холодної деформації регулювалась у широких діапазонах. Для цього було достатньо гідравлічного пресу зусиллям 20 МПа (рис. 1).

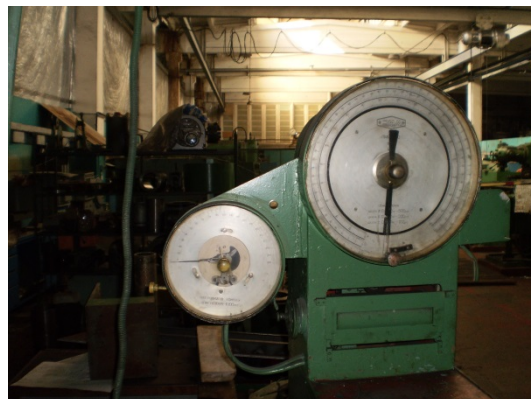


Рисунок 1 – Гідравлічний прес ПММ–200

Figure 1 – Hydraulic press PMM–200

Стиснення проводилося з використанням змащення – графітної пасти, яку наносили на робочі поверхні нижнього та верхнього пуансонів. Зразок круглої форми розміщували по центру нижнього пуансона.

ХПД проводилося при навантаженнях від 30 до 160 тс. Це дало можливість отримати деформацію зразків до 90%. Після ХПД зразок замінювали, а операції змащення та центрування зразків повторювали.

Вивчення класичних і сучасних праць з теорії обробки матеріалів різанням показало, що об'єктивно можна судити про оброблюваність того чи іншого матеріалу по коефіцієнту усадки стружки  $\zeta$  і повній довжині контакту останньої  $s$  з передньою поверхнею інструменту [3 та ін.]. При цьому зменшення величини цих факторів однозначно свідчить про поліпшення оброблюваності матеріалу різанням.

Для вивчення сумісного впливу деформаційного зміцнення і екологічно чистих мастильно-охолоджувальних речовин на оброблюваність аустенітних сталей характерних марок була проведена відповідна серія експериментів.

Різання проводилося за схемою вільного прямокутного різання на фрезерному верстаті (рис. 2). Це дозволяло відкинути вплив несуттєвих факторів на процес різання.



Рисунок 2 – Процес вільного прямокутного різання

Figure 2 – The process of free rectangular cutting

Різець зі сталі Р6М5 затискався у патроні верстату, а зразок, установлений у лещатах, подавався на різець переміщенням столу. Геометричні параметри різця були наступними: ширина 10 мм, передній кут 15°, задній кут 6°, радіус округлення різальної кромки – 10 мкм. Швидкість різання – 26,5 м/год. Товщина зрізаного шару 0,02–0,03 мм.

Деякі результати цієї серії експериментів подано у табл. 1.

Таблиця 1 – Вплив попереднього холодного пластичного деформування та виду мастильно-охолоджувальної рідини на усадку стружки  $\zeta$  та повну довжину контакту стружки з передньою поверхнею інструменту  $c$

Table 1 – The effect of the previous cold plastic deformation and the kind of lubricant-coolant fluid on chip shrinkage  $\zeta$  and the total length of the chip contact with the front surface of the tool  $c$

Марка сталі	ХПД, $\varepsilon = 46\%$	Мастильно-охолоджувальна рідина (МОР)									
		Без МОР		Сульфозфрезол <i>P</i>		Ріпакова оля		Оля льону		Соняшникова оля	
		$\zeta$	$c$ , мм	$\zeta$	$c$ , мм	$\zeta$	$c$ , мм	$\zeta$	$c$ , мм	$\zeta$	$c$ , мм
12X15Г9НД (AISI 201)	Незміцнена $HV = 3,70$ ГПа	3,9	0,19	2,85	0,12	2,34	0,09	2,44	0,10	2,36	0,09
	Зміцнена $HV = 4,96$ ГПа	3,2	0,14	2,68	0,11	2,15	0,08	2,17	0,08	2,28	0,08
08X18Н10 (AISI 304)	Незміцнена $HV = 2,32$ ГПа	4,2	0,22	2,91	0,12	2,41	0,09	2,50	0,10	2,43	0,10
	Зміцнена $HV = 3,85$ ГПа	3,6	0,17	2,76	0,11	2,25	0,08	2,26	0,08	2,36	0,09
40X13 (AISI 420)	Незміцнена $HV = 2,14$ ГПа	4,6	0,25	3,15	0,14	2,66	0,11	2,70	0,11	2,68	0,11
	Зміцнена $HV = 3,15$ ГПа	3,9	0,19	3,00	0,13	2,47	0,10	2,46	0,10	2,58	0,10
110Г13Л (A128)	Незміцнена $HV = 6,00$ ГПа	5,1	0,29	3,75	0,18	3,31	0,15	3,35	0,15	3,36	0,15
	Зміцнена $HV = 3,85$ ГПа	4,5	0,24	3,56	0,17	3,13	0,14	3,15	0,14	3,25	0,14

Порівняння олії рослинного походження з найпоширенішим традиційним для процесів різання сульфозфрезолом Р дало наступні результати. Сумісна дія холодного пластичного деформування і середовища при різанні аустенітної сталі 12X15Г9НД знижує коефіцієнт усадки стружки на 25%, а повної довжини контакту – на 34%. При обробці аустенітної сталі 08X18Н10 ці показники відповідно такі: зниження  $\zeta$  на 24%, а  $c$  – на 34%. Обробка зносостійкої аустенітної сталі 110Г13Л характеризується наступними результатами: зменшення коефіцієнта усадки стружки на 16%, а повної довжини контакту – на 22%.

Отже, попереднє пластичне деформування у поєднанні з використанням мастильно-охолоджувальних рідин на рослинній основі є потужним засобом поліпшення оброблюваності деталей із аустенітних сталей.

Аналіз результатів експериментів показує також, що всі види олій дають приблизно однакові результати щодо поліпшення оброблюваності аустенітних сталей. Тому у подальшому, керуючись вартістю олій, вибираємо найдешевшу – ріпакову.

Для вивчення природи впливу холодного пластичного деформування на оброблюваність аустенітних сталей було проведено серію металографічних досліджень.

На рис. 3 показано установку для отримання металографічних шліфів Beta Grinder–Polisher, виробництва фірми Buehler.



Рисунок 3 – Установка для отримання металографічних шліфів  
Figure 3 – Machine for obtaining metallographic grinding specimens

У процесі досліджень мікроструктури було висунуто гіпотезу, що на оброблюваність аустенітних сталей впливає щільність дислокацій у матеріалі, що оброблюється.

Було проведено серію точних експериментів із застосуванням електронної мікроскопії за допомогою мікроскопа РЕМ–106И. Метою цих експериментів було виявлення впливу об'ємного ХПД на густину дислокацій у аустенітних сталях.

На рис. 4 подано розподіл дислокацій по глибині зразків із сталі 08X18H10 (AISI 304) у початковому стані (рис. 4, а) та після обробки ХПД (рис. 4, б, в).

Отриманні фотографії оброблювалися за допомогою комп'ютерної програми та вираховувалася фактична кількість дислокацій на одиницю площі. Потім пропорційно вираховувалася щільність дислокацій для більшої площі металу.

Обробка мікрошліфів показала, що густина дислокацій  $\rho$  в результаті обробки зразків об'ємним ХПД збільшується приблизно у 4 рази.

Скупчення дислокацій служить основою для формування мікротріщин у матеріалі, що сприяє поліпшенню оброблюваності різанням аустенітних сталей.

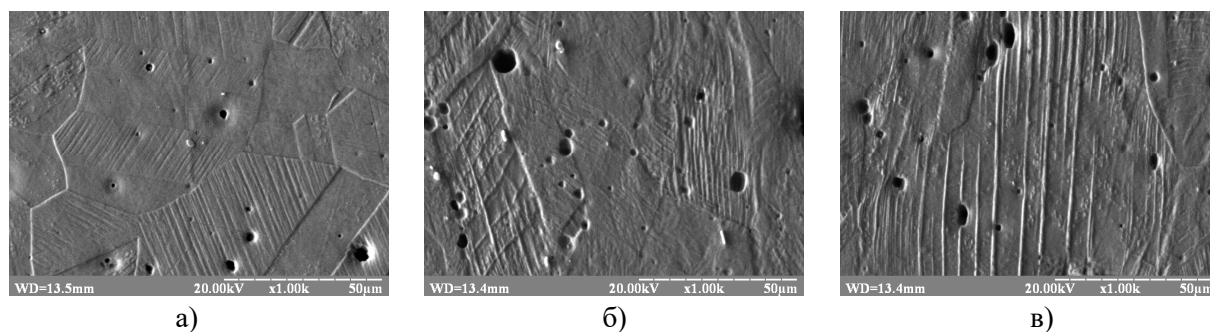


Рисунок 4 – Розподіл (крупні темні ямки – скупчення дислокацій) по зразках із аустенітної сталі 08X18H10: а – у початковому стані; б, в – після об'ємного ХПД ( $\varepsilon = 46\%$ )

Figure 4 – Distribution (large dark pits – cluster of dislocations) on samples of austenitic steel AISI 304: а – in the initial state; б, с – after volumetric cold plastic deformation ( $\varepsilon = 46\%$ )

У процесі досліджень перевірялась ще одна наша гіпотеза – про поліпшення оброблюваності аустенітних сталей завдяки частковим перетворенням аустеніту в мартенсит, тобто набуття парамагнітною сталлю феромагнітних властивостей.

Визначення фазового складу при аустенітно–мартенситних перетвореннях, викликаних дією холодної пластичної деформації проводились з використанням рентгенівського дифрактометра Rigaku Ultima IV (рис. 5). Технічні характеристики використовуваного в дифрактометрі джерела випромінювання, гоніометра, оптичної системи та детектора наведені в табл. 2. Прилад дозволяє визначити: кількісний та якісний фазовий склад досліджуваного матеріалу, період кристалічної ґратки, розмір областей когерентного розсіяння, ступінь деформації кристалічної ґратки, величину

залишкових макронапружень методом  $\sin^2\psi$ , кристалографічну орієнтацію кристалів, ступінь кристалічності.



Рисунок 5 – Рентгенівський дифрактометр Rigaku Ultima IV  
Figure 5 – X-ray diffractometer Rigaku Ultima IV

Таблиця 2 – Технічні характеристики використаного у дослідженнях рентгенівського дифрактометра Rigaku Ultima IV

Table 2 – Specifications used in research X-ray diffractometer Rigaku Ultima IV

Джерело випромінювання	Максимальна потужність	3 кВт
	Напруга на трубці	20 – 60 кВ
	Струм трубки	2 – 60 мА
	Матеріал анода	Cu або Co
	Розмір фокуса	0,4 x 12 мм
Гоніометр	Метод сканування	$\Theta_s / \Theta_d$ зв'язані або $\Theta_s, \Theta_d$ незалежні
	Радіус гоніометра	285 мм
	Діапазон кутів сканування $2\Theta$	Від $-3$ до $162^\circ$ (максимум)
	Мінімальний крок	$0,0001^\circ$
Оптична система	Щілини на вихідний пучок	Фіксовані або автоматично змінювані
	Щілини на дифрагований пучок	Фіксовані або автоматично змінювані
	Приймальні щілини	Фіксовані або автоматично змінювані
	Юстування оптичної системи	Автоматичне юстування трубки по висоті, гоніометра, оптики і детектора
	Монохроматор	Двохпозиційний графітовий кристал-монохроматор Cu-випромінювання
Детектор	Детектор	Сцинтиляційний лічильник

Метод аналізу – рентгеноструктурний фазовий аналіз. Дослідження зразків проведено в мідному випромінюванні ( $\lambda_{CuK\alpha} = 0,15418$  нм). Напруга – 30 кВ; сила струму – 30 мА; ширина щілини, яка обмежує рентгенівський промінь – 10 мм. Для дослідження використано схему фокусування за Брегом-Брентано. Умови досліджень: досліджений інтервал кутів  $2\Theta = 25 - 140^\circ$ , крок зйомки –  $0,04^\circ$ , час витримки у точці – 2 с; тривалість зйомки одного зразка – 90 хв.

Аналіз отриманих рентгенівських спектрів та проведення кількісного та якісного фазового аналізу здійснено з використанням програмного забезпечення PDXL, міжнародної бази даних дифракції ICDD (PDF-2) та відкритої бази кристалографічних даних COD.

На рис. 6, як приклад, подано криву фазового складу сталі 12X15Г9НД при аустенітно-мартенситних перетвореннях у залежності від величини холодної пластичної деформації.

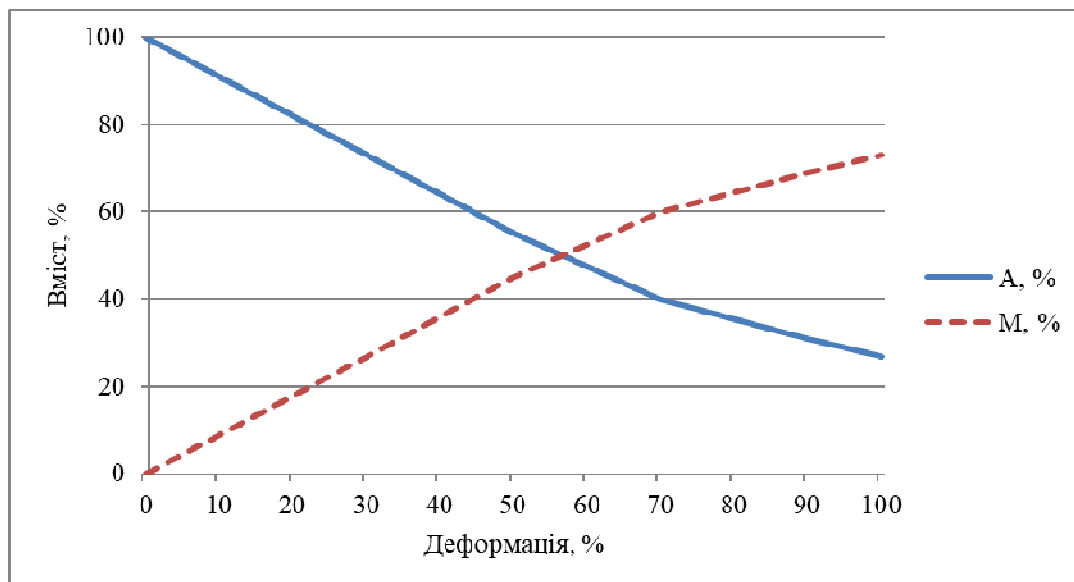


Рисунок 6 – Зміна фазового складу сталі 12Х15Г9НД при аустенітно–мартенситних перетвореннях у залежності від величини холодної пластичної деформації  $\varepsilon$ . А – аустеніт; М – мартенсит

Figure 6 – Changing the phase composition of steel AISI 201 under austenite–martensitic transformations, depending on the value of cold plastic deformation  $\varepsilon$ . A – austenite; M – martensite

#### Обговорення результатів дослідження.

Для підвищення оброблюваності аустенітних сталей як основного конструкційного матеріалу та матеріалу захисних покриттів рекомендується застосовувати попереднє об'ємне холодне пластичне деформування з використанням екологічно чистих мастил рослинного походження. Таке поєднання дозволяє отримати сумісний позитивний ефект при різанні з боку зони стружкоутворення і контактної зони на передній поверхні інструменту. Поліпшення оброблюваності при використанні попереднього холодно пластичного деформування пояснюється збільшенням густини дислокацій. Їх об'єднання призводить до появи мікротріщин у оброблюваному матеріалі та структурними перетвореннями останнього. Для повернення початкових високих експлуатаційних властивостей виробів із аустенітних сталей рекомендується застосування прецизійної фінішної термообробки. Результати дослідження також частково викладені у наших працях [4–8].

#### Висновки.

Використання аустенітних сталей як основного конструкційного матеріалу при виготовленні та ремонті засобів транспорту, а також захисних покриттів, може бути розширене за рахунок попередньо об'ємної холодної пластичної деформації та застосування екологічно чистих мастильно–охолоджувальних рідин рослинного походження.

Поліпшення оброблюваності аустенітних сталей різанням пояснюється збільшенням до 4–х разів щільності дислокацій при попередній холодній пластичній деформації, а також частковими аустенітно–мартенситними перетвореннями, тобто набуттям цими сталями феритних властивостей.

Визначена наступна послідовність операцій по поліпшенню оброблюваності парамагнітних аустенітних сталей: холодне об'ємне пластичне деформування методом поперечного стискання з деформаціями 40–90% – формоутворювальне різання лезовим інструментом – повернення початкових експлуатаційних властивостей деталей прецизійною термообробкою.

Результати дослідження, наведеного у статті, можуть стати основою, як мінімум, створення чотирьох технологій виробництва відповідальних деталей машин.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Континуальная и дискретно–континуальная модификация поверхностей деталей: монография / Н.А. Ткачук, С.С. Дьяченко, Э.К. Посвятенко и др. Харьков, «Планета–Принт», 2018. – 259 с.
2. Интегрированные процессы обработки материалов резанием: учебник / А.И. Грабченко, В.А. Залого, Ю.Н. Внуков и др.; под общ. ред. А.И. Грабченко и В.А. Залого. – Сумы: Университетская книга, 2017. – 451 с.
3. Розенберг А.М. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания / А.М. Розенберг, О.А. Розенберг; отв. ред. П.Р. Родин. – К.: Наук. думка, 1990. – 320 с.

4. Influence of a material of and the technological factors on improvement of operating properties of machine parts by reliefs and film coatings / E. Posviatenko, N. Posviatenko, R. Budyak and other. Eastern-European journal of enterprise technologies, 2018, № 5/12 (95). P. 48–56.

5. Інноваційні технології композиційного зміцнення поверхні елементів виробів для оборонної та енергетичної галузей / А.П. Марченко, М.А. Ткачук, О.В. Соболь, Е.К. Посвятенко та ін. // Механіка та машинобудування: Наук.-техн. журнал. – Х.: НТУ «ХП», 2017. – № 1. – С. 234 – 245.

6. Посвятенко Е.К. Відновлення деталей засобів транспорту із аустенітних сталей / Е.К. Посвятенко, П.А. Аксьом // Вісник Національного транспортного університету. Серія: «Технічні науки». – К.: НТУ, 2015. – Вип. №2 (32). – С. 210–218.

7. 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». – К.: НТУ, 2016. – Вип. №1 (34). – С. 370–377.

8. Посвятенко Е.К. Особливості обробки деталей засобів транспорту із аустенітних сталей / Е.К. Посвятенко, П.А. Аксьом // Вісник Національного транспортного університету. Серія: «Технічні науки». – К.: НТУ, 2015. – Вип. №1 (31). – С. 443–449.

#### REFERENCE

1. Tkachuk, N.A., Diachenko, S.S., Posviatenko, E.K. (2018) *Kontinualnaia i diskretno-kontinualnaia modifikatsiia poverkhnosti detalei [Continual and discrete-continual modification of surfaces of parts]*. Kharkov: “Planeta-Print” [in Russian].

2. Grabchenko, A.I., Zaloga, V.A., Vnukov, Yu.N. (2017) *Integririvannii protsessi obrabotki materialov rezaniem [Integrated processes of cutting materials processing]*. Sumy: Universytetska knyha [in Russian].

3. Rozenberg, A.M., & Rozenberg, O.A. (1990) *Mekhanika plasticheskogo deformirovaniia v protsessakh rezaniia i deformiruiushego protigivaniia [Mechanics of plastic deformation in the process of cutting and deforming broaching]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].

4. Influence of a material of and the technological factors on improvement of operating properties of machine parts by reliefs and film coatings / E. Posviatenko, N. Posviatenko, R. Budyak and other. Eastern-European journal of enterprise technologies, 2018, № 5/12 (95). P. 48–56.

5. Marchenko, A.P., Tkachuk, M.A., Sobol, O.V., Posviatenko, E.K. (2017) *Innovatsiini tekhnologii kompozytsiinogo zmitsnennia poverkhni elementiv vyrobiv dlia oboronnoi ta energetychnoi galuzei [Innovative technologies of compositional strengthening of surface elements of products for the defence and power industries]*. Kharkiv: *Mekhanika ta mashinobuduvannia – Mechanics and machine building, I*, 234–245 [in Ukrainian].

6. Posviatenko, E.K., Aksom, P.A. (2015) *Vidnovlennia detalei zasobiv transportu iz austenitnikh stalei [Renovation of vehicle parts from austenitic steel]*. Kyiv: *Visnik Natsionalnogo transportnogo universitetu – Bulletin of the National Transport University, II*, 210–218 [in Ukrainian].

7. Posviatenko, E.K., Aksom, P.A., Budiak, R.V. (2016) *Osnovni napriamki polipshennia obrobliuvanosti detalei iz austenitnikh stalei [Main directions of improving workability of details of transport austenitic steel]*. Kyiv: *Visnik Natsionalnogo transportnogo universitetu – Bulletin of the National Transport University, I*, 370–377 [in Ukrainian].

8. Posviatenko, E.K., Aksom, P.A. (2015) *Osoblivisti obrobki detalei zasobiv transportu iz austenitnikh stalei [Features of processing parts of vehicle from austenitic steel]*. Kyiv: *Visnik Natsionalnogo transportnogo universitetu – Bulletin of the National Transport University, I*, 443–449 [in Ukrainian].

#### РЕФЕРАТ

Посвятенко Е.К. Про природу впливу деформаційного зміцнення на оброблюваність аустенітних сталей / Е.К. Посвятенко, П.А. Аксьом // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – К.: НТУ, 2019. – Вип. 3 (45).

У статті розглядаються основні напрямки підвищення оброблюваності аустенітних сталей різанням. Такими напрямками є: попереднє холодне пластичне деформування заготовок об'ємною (наскрізною) пластичною деформацією і використання при різанні сучасних екологічно чистих мастильно-охолоджувальних рідин рослинного походження.

Мета роботи: знаходження шляхів поліпшення властивостей відновлюваних деталей засобів транспорту із аустенітних сталей сумісною дією холодного пластичного деформування і екологічно чистих мастильно-охолоджувальних рідин рослинного походження при механічній обробці, а також пояснення природи дії цих факторів.

Об'єкт дослідження – засоби дії на аустенітні сталі.

Матеріали, на яких виконувалось дослідження: аустенітні сталі, які леговані великою кількістю хрому, нікелю і марганцю.

Основний метод об'ємного наскрізного холодного пластичного деформування – поперечний стиск заготовок.

Показано, що досягти мети дослідження можна, використовуючи сучасні прилади, стенди та обладнання і оригінальні, а також відомі методи і методики.

У роботі використано: металографічні оптичні та електронні мікроскопи; стенди на базі гідравлічного преса зусиллям 200 тс і фрезерного верстата; 4 види мастильно-охолоджувальних рідин; установка для отримання металографічних шліфів; рентгенівський дифрактометр.

Установлено, що природою впливу деформаційного зміцнення на оброблюваність аустенітних сталей різанням є збільшення до 4-х разів щільності дислокацій, а також часткові аустенітно-мартенситні перетворення.

Визначена послідовність операцій по поліпшенню оброблюваності аустенітних сталей: холодне пластичне деформування з деформаціями до 90% – формуютьвальне різання лезовим інструментом – повернення початкових властивостей деталей прецизійною термообробкою – чистова абразивна обробка.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АУСТЕНІТНІ СТАЛІ, ХОЛОДНЕ ПЛАСТИЧНЕ ДЕФОРМУВАННЯ, ЕКОЛОГІЧНІ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНІ РІДИНИ, ЩІЛЬНІСТЬ ДИСЛОКАЦІЙ, АУСТЕНІТНО-МАРТЕНСИТНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ.

### **ABSTRACT**

Posviatenko E.K., Aksom P.A. On the nature of the effect of strain hardening on the machinability of austenitic steels. Visnyk of National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2019. Vol. 3 (45).

The article discusses the main directions of improving the machinability of austenitic steels by cutting. Such areas are: preliminary cold plastic deformation of blanks by volumetric plastic deformation and use of modern environmentally friendly lubricant-coolant fluids of vegetable origin when cutting.

Purpose of the study – finding ways to improve the properties of restored parts of vehicles from austenitic steels by the combined action of cold plastic deformation and environmentally friendly lubricant-coolant fluids of vegetable origin during mechanical processing as well as an explanation of the nature of these factors' impact.

Object of the study – means of action on austenitic steels.

Research materials: austenitic steels alloyed with a large amount of chromium, nickel and manganese.

The main method of volumetric cold plastic deformation is transverse compression of blanks.

It is shown that the goal of the research can be achieved using modern devices, stands and equipment, as well as well-known and original methods and techniques.

The work uses: metallographic optical and electron microscopes; stands on the basis of a hydraulic press with a force of 200 ton-force and a milling machine; 4 types of lubricant-coolant fluids; installation for the production of metallographic thin sections; X-ray diffractometer.

It has been established that cutting the nature of the effect of strain hardening on the machinability of austenitic steels by cutting is an increase in dislocation density up to 4 times, as well as partial austenitic-martensitic transformations.

The sequence of operations to improve the machinability of austenitic steels has been determined: cold plastic deformation with deformations up to 90% – shaping cutting with a blade tool – returning the initial properties of parts with precision heat treatment – finishing abrasive processing.

**KEYWORDS:** AUSTENITIC STEELS; COLD PLASTIC DEFORMATION; ECOLOGICAL LUBRICANTS-COOLING LIQUIDS; DISLOCATION DENSITY; AUSTENITIC-MARTENSITIC TRANSFORMATION.

### **РЕФЕРАТ**

Посвятенко Э.К. О природе влияния деформационного упрочнения на обрабатываемость аустенитных сталей / Э.К. Посвятенко, П.А. Аксём // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник – К.: НТУ, 2019. – Вып. 3 (45).

В статье рассматриваются основные направления повышения обрабатываемости аустенитных сталей резанием. Такими направлениями являются: предварительное холодное пластическое деформирование заготовок объёмной (сквозной) пластической деформацией и использование при резании современных экологически чистых смазывающе-охлаждающих жидкостей растительного происхождения.

Цель работы: нахождение путей улучшения свойств восстанавливаемых деталей средств транспорта из аустенитных сталей совместным действием холодного пластического деформирования



и экологически чистых смазывающе–охлаждающих жидкостей растительного происхождения при механической обработке, а также объяснение природы действия этих факторов.

Объект исследования – средства действия на аустенитные стали.

Материалы, на которых проводились исследования: аустенитные стали, легированные большим количеством хрома, никеля и марганца.

Основной метод объёмного сквозного холодного пластического деформирования – поперечное сжатие заготовок.

Показано, что достичь цели исследования можно, используя современные приборы, стенды и оборудование, а также известные и оригинальные методы и методики.

В работе используются: металлографические оптические и электронные микроскопы; стенды на основе гидравлического пресса усилием 200 тс и фрезерного станка, 4 виды смазывающе–охлаждающих жидкостей; установка для получения металлографических шлифов; рентгеновский дифрактометр.

Установлено, что природой влияния деформационного упрочнения на обрабатываемость аустенитных сталей резанием является увеличение до 4–х раз плотности дислокаций, а также частичные аустенитно–мартенситные превращения.

Определена последовательность операций по улучшению обрабатываемости аустенитных сталей: холодное пластическое деформирование с деформациями до 90% – формообразующее резание лезвийным инструментом – возвращение начальных свойств деталей прецизионной термообработкой – чистовая абразивная обработка.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АУСТЕНИТНЫЕ СТАЛИ, ХОЛОДНОЕ ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СМАЗЫВАЮЩЕ–ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ, ПЛОТНОСТЬ ДИСЛОКАЦИЙ, АУСТЕНИТНО–МАРТЕНСИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ.

#### **АВТОРИ:**

Посвятенко Едуард Карпович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. +380509150471, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича–Павленка, 1, к. 101а, orcid.org/0000-0001-6606-1365.

Аксом Петро Андрійович, аспірант, Національний транспортний університет, аспірант кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, e-mail: petro.aksom@gmail.com, тел. +380937726039, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича–Павленка, 1, к. 101а, orcid.org/0000-0001-5270-6812.

#### **AUTHORS:**

Posviatenko Eduard K., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, professor, department of production, repair and materials science, e-mail: natali1963@ukr.net, tel. +380442808203, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovicha-Pavlenko str., 1, of. 101a, orcid.org/0000-0001-6606-1365.

Aksom Petro A., post-degree student, National Transport University, post-degree student, department of production, repair and materials science, e-mail: petro.aksom@gmail.com, tel. +380937726039, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovicha-Pavlenko str., 1, of. 101a, orcid.org/0000-0001-5270-6812.

#### **АВТОРЫ:**

Посвятенко Эдуард Карпович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры производства, ремонта и материаловедения, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. +380442808203, Украина, 01010, м. Киев, ул. Омеляновича–Павленко, 1, к. 101 а, orcid.org/0000-0001-6606-1365.

Аксём Петр Андреевич, аспирант, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры производства, ремонта и материаловедения, e-mail: petro.aksom@gmail.com, тел. +380937726039, Украина, 01010, м. Киев, ул. Омеляновича–Павленка, 1, к. 101 а, orcid.org/0000-0001-5270-6812.

#### **РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Клименко С.А., доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, Київ, Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

#### **REVIEWERS:**

Klimenko S.A., Doctor of Technical Sciences, professor, Deputy Director for Scientific Work of Institute Superhard Materials named V.N. Bakul NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Mateichyl V.P., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, professor of the ecology and life safety department, Kyiv, Ukraine.