

## Машинобудування і зварювальне виробництво

*In this regard, the search and development of new methods of finishing and cleaning, their mechanization and automation, especially for small parts of low weight, with the presence of hard-to-reach areas (holes, grooves), is an urgent task.*

*The severity of the problem lies in the fact that for the basic processing operations (stamping, turning, milling, etc.), high-performance equipment is increasingly used (which cannot provide the required technological accuracy of roughness and haze), and the operations for cleaning, on the specified parts, are mainly carried out manually (which is a low-tech, energy-intensive process and takes a lot of time) or using the simplest plumbing tools (devices), as a result of which the labor intensity of cleaning operations is from 10 % to 60 % of the total labor intensity from the manufacture of parts and tends to increase.*

*Mechanization of finishing and cleaning processing of parts of low weight, as well as hard-to-reach areas, is obviously possible when using such processing methods in which fine-grained abrasives are used as a working medium.*

*Analysis of various methods of processing with fine-grained abrasive shows that some of them do not allow processing small loose parts, fastening is extremely difficult (due to their size), a number of methods are ineffective when processing hard-to-reach areas or have low productivity, other methods have not found application due to operational disadvantages.*

*Vibro-abrasive treatment is the most promising and productive method of finishing and cleaning. In general, in mechanical engineering, it makes up 6-70 % of the labor intensity of manufacturing parts and allows you to cover a wide range of processed parts both in size and weight, and in the types of processed materials and their physical and mechanical characteristics.*

**Keywords.** *Grinding, free abrasive, working medium, fluidized bed, vibration amplitude, chemically active solution, granular working medium, microcutting.*

*Стаття надійшла 15.02.2021 р.*

УДК 621.91

[doi.org/10.31498/2522-9990242021248682](https://doi.org/10.31498/2522-9990242021248682)

Водзянський В. В., Потлов В. О., Бантюков В. В.

### ВПЛИВ АБРАЗИВНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПРОЦЕС ДОВЕДЕННЯ

*У роботі представлені результати досліджень проведених авторами при веденні технологічного процесу відновлення зношених поверхонь методом доведення контактних поверхонь великогабаритних деталей запірної арматури, попередньо оброблених на токарних верстатах до  $R_a=0,8$  мкм, для яких найважливішим експлуатаційним параметром є забезпечення максимальної щільності з'єднання. З метою виявлення впливу геометричної величини абразивного зерна на продуктивність процесу доведення, на шорсткість оброблюваних поверхонь, а також ряду механічних і фізичних характеристик зерна, що впливають на сам процес доведення кольорових металів гомогенної структури. Експерименти проводилися на великогабаритних деталях запірної арматури магістральних трубопроводів, їх ескізи представлені на відповідних рисунках. Аналіз літературних джерел у напрямі обробки контактуючих поверхонь дозволив вибрати з великої кількості запропонованих технологічних процесів і інструментів, доведення поверхні за допомогою пасти ДОІ, як найбільш ефективну у нашому випадку, тому що кольорові паски виготовлені з латуні або бронзи. В роботі вивчається вплив абразивної водонерозчинної пасти ДОІ з різними, за розмірами, зернами, до складу усіх цих паст в обов'язковому порядку входять поверхнево активні речовини (ПАР) з яких найбільш суттєво впливають на процес стеаринова і олеїнова кислоти. Дані речовини підтверджують фізико-хімічну гіпотезу академіка Гребеницькова, яка найбільше відповідає на сьогоднішній день*

## Машинобудування і зварювальне виробництво

поясненню фізичної сутності процесу доведення. Ця гіпотеза найкращим чином пояснює фізичну сутність процесу доведення пастами типу ДОІ і з'ясовує що процес доведення складається з двох частин; найважливіша частина процесу доведення на чорновій частині операції обробки, це зрізання шару металу абразивними зернами, а на подальших чистових операціях суттєво збільшується доля активного розм'якшення плівок оксидів поверхневого шару створених абразивними зернами ювенільних поверхонь товщиною орієнтовано 2-5 нанометрів. Отримані результати дослідів, підтверджуються профілограмами і фотографіями поверхні.

**Ключові слова:** доведення, запірна арматура, шорсткість поверхні, продуктивність, величина зерна.

**Постановка проблеми.** Обробка деталей з сталей, чавунів, кольорових металів методом доведення для отримання високоякісних поверхонь за параметрами шорсткості, їх механічних властивостей і точності, здійснюється при використанні абразивних матеріалів. При дослідженні виявлявся вплив режимних характеристик, кінематики процесу при обробці прецизійних деталей запірної арматури великих розмірів. Але в процесі досліджень було виявлено, що у великій мірі на якість обробки і продуктивність, що дуже важливо для великогабаритних деталей, до яких відноситься запірна арматура для магістральних трубопроводів, великий вплив справляє абразивне зерно паст і всі технічні та фізичні характеристики, пов'язані з ним, і також ступінь впливу кожного на процес доведення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З літературних джерел [1, 2, 3], а також інших, бачимо, що зернисту подрібнену масу, для робіт пов'язаних з доведенням прецизійних деталей, суть якої полягає в тому, що вона зрізає гребінці (піки) металу з поверхні, надаючи їй необхідні шорсткості і розміри, використовують у вигляді суспензій, паст. Як свідчать ці джерела найважливішим параметром цих суспензій, є їх шліфувальна здатність, яка багато в чому залежить від властивостей абразивного зерна: величини, форми, міцності, твердості, крихкості, теплостійкості, зносостійкості. У цих джерелах всі ці параметри абразивних часток дані у вигляді загальних рекомендацій і в основному для сталей, чавунів і твердих сплавів.

**Мета дослідження.** Так як в нашому випадку ведеться доведення плоских пасків з латуні або бронзи, які вмонтовані у великогабаритні сталеві або чавунні деталі запірної арматури і забезпечують потрібну герметичність з'єднання, то необхідно мати або залежності, або конкретні рекомендації щодо взаємодії абразивного матеріалу з кольоровими металами, що дасть можливість підвищувати продуктивність обробки і якість одержуваної поверхні. У поданій табл. 1 та рис. 1 зображені ескіз оброблюваних деталей і їх геометричні параметри, а також матеріали пасків, які обробляються. Особливо ці рекомендації і залежності важливі для організації можливого ремонту деталей такого типу в умовах експлуатування їх підприємств.

Таблиця 1 – Діапазон розмірів деталей і марок оброблюваних матеріалів

D, мм	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	В мм	Марки матеріалів пасків
600-1700	500-1600	400-1500	10-20	Латунь Л62, ЛС-59, ЛМц 58-2
600-1700	500-1600	400-1500	10-20	Бронза Бр АЖМц10-4-4, Бр 010, Бр Ж9-4

## Машинобудування і зварювальне виробництво

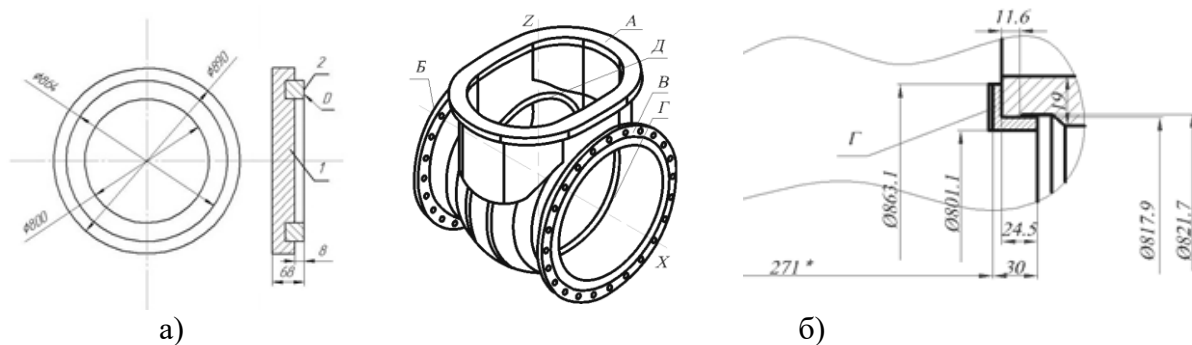


Рисунок 1 – Ескізи деталей і ремонтваних поверхнь:  
а) диска поверхню 2; б) корпусу і поверхні Г і Д

**Виклад основного матеріалу.** Так як вищевказані літературні джерела рекомендують, для виконання процесу доведення використовувати шліфувальні порошки, пасти, мікропорошки, які видаляють припуск за допомогою масового динамічного впливу абразивних зерен на поверхневий шар оброблюваної поверхні, яке здійснюється в результаті складного взаємного руху, і при необхідній підпружиненій силовій взаємодії абразивних зерен і оброблюваної поверхні. Все це виконується при такій технології обробки, як доведення, так що це єдиний на сьогоднішній день метод отримання на оброблюваної поверхні шорсткість у діапазоні  $R_a = 0,1 \dots 0,025$  мкм і відхилення від необхідної геометричної форми плоских поверхнь в межах  $0,1 \dots 0,3$  мкм, що дуже важливо.

За точністю і шорсткістю оброблюваної поверхні доводочні операції поділяють на чорнові, які дозволяють отримати  $R_a = 1,6 \dots 0,4$  мкм і точність обробки  $3 \dots 5$  мкм; чистові, які дозволяють отримати  $R_a = 0,2 \dots 0,05$  мкм і точність обробки  $1 \dots 2$  мкм і тонкі, які забезпечують отримання  $R_a = 0,05 \dots 0,025$  мкм і точність обробки  $0,1 \dots 0,05$  мкм. Для абразивних зерен, при такій обробці, рекомендуються тверді пасти в які можуть входити: окис хрому, окис алюмінію, крокус. Всі ці пасти не водорозчинні, що для нашого випадку є позитивним, так як корпуси виготовляють з чавуну або сталі і вони можуть піддаватися корозії, якщо пасти водорозчинні, тому що в них присутня вода. А контактні паски, що забезпечують контактну щільність зібраного вузла виготовляють з кольорового металу вмонтованого в деталь. Найкращим матеріалом для пасків, є такі матеріали, як мідь, алюміній і його сплави, які вищевказані літературні джерела, рекомендують обробляти абразивними матеріалами зниженої твердості: окис хрому, окис алюмінію і крокус.

Існують ряд гіпотез щодо фізичної сутності процесу абразивної доводки твердих металевих тіл. Механічна гіпотеза процесу доведення вперше запропонована Р. Гуком і розвинена глибше А. В. Шубніковим, суть якої полягає у силовому дряпанні абразивним матеріалом твердого тіла (шліфування); друга гіпотеза запропонована Бейльбі стверджувала, що при доведенні відбувається пластична течія матеріалу в верхніх шарах твердого тіла, тобто при цьому за рахунок деформування виступів заповнюються западини при пластичному плинні матеріалу в результаті оплавлення і тому верхній шар набуває аморфний характер, третя хіміко-механічна, запропонована І. В. Гребенщиковим, розглядає процес доведення, як сукупність фізико-хімічних процесів, пов'язаних з утворенням окисних плівок під дією хімічно активних речовин і механічного видалення їх з поверхні металу виробу поліруючими порошкоподібними абразивними матеріалами. Цей процес характеризується одночасним протіканням механічних, хімічних і фізико-хімічних процесів. Суть впливу зерен, які знаходяться в проміжному абразивному прошарку між притиром і деталлю, полягає в дряпанні зерном по поверхні деталі з одночасним

## Машинобудування і зварювальне виробництво

перекочування зерен по поверхні і їх мікроударним впливом на неї, створюючи напружений стан на поверхні, а також їх дробленням, яке залежить від міцності характеристик зерен, їх зносостійкості і зусиль взаємодії, що виникають при контакті притиру з деталлю. Таким чином необхідно провести дослідження для конкретного випадку, щоб управляти процесом доведення, щоб абразивні зерна працювали в однакових умовах з своєчасним оновленням абразивного шару, відведенням утворюваного шламу і відпрацьованих абразивних зерен, з цією метою використовуються різні пасти, які мають в своєму складі абразивні матеріали необхідної твердості і поверхнево активні речовини. Такий пастою є "м'яка" паста на основі окису хрому, яка широко використовується в промисловості і відносно недорога, це паста ДОІ з якою нами були проведені експерименти по доведенню контактних поверхонь деталей запірної арматури, контактуючих вставок з латуні. Паста ДОІ виготовляється трьох груп: груба (світло-зеленого кольору), середня (зеленого кольору) і тонка (чорного кольору із зеленуватим відтінком). Номер пасти ДОІ відповідає її абразивної здатності тобто №20 має абразивну здатність 20 мкм. Для посилення полірувальної дії пасти, а також для посилення дії адсорбційних процесів і поліпшення умов для видалення шламу, в цю пасту додають ПАР (поверхнево активна речовина) у складі якої присутні стеаринова і олеїнова кислоти, табл. 2. У статті приводяться особливо важливі залежності, по експериментам проведеним нами, які характеризують зерновий склад паст і ступінь впливу кожного з них на процес доведення.

Таблиця 2 – Склади пасти ДОІ

Умовне найменування груп	Номер пасти	Зміст, вага %						
		Окису хрому	Силіка-гелю	Розщепленого жиру	Олеїнової кислоти	Двууглекислої соди	Гасу	Стеаринової кислоти
Грубі	50	86	2	5	–	–	2	5
""	40	85	2	5	–	–	2	5
""	35	81	2	5	–	–	2	10
""	30	81	2	5	–	–	2	10
""	25	81	2	5	–	–	2	10
""	20	81	2	5	–	–	2	10
Середні	15	80	2	10	–	–	2	6
""	10	75	2	10	–	–	2	11
Тонкі	7	75	1,8	10	2	0,2	2	9
""	4	73	1,8	10	2	0,2	2	11
""	1	70	1,8	10	2	0,2	2	14

Перед тим як проводити дослідження щодо впливу зернової маси на оброблювану поверхню, для виявлення геометричних параметрів зерен всіх трьох груп пасти ГОІ, було проведено мікрофотографування зерен і виявлено характерні форма і розміри зерен пасти, кожної з груп, які нами в подальшому були використані для проведення експериментів по обробці плоскої поверхні з кольорового металу. Це проводилося наступним чином: паста містилася в порцеляновій чашці з розчинником № 646, при цьому, через кожну годину розчин змінювався, його проціджували через марлю, а в чашку наливалася чергова порція розчинника; і так тривало

## Машинобудування і зварювальне виробництво

доки, доки всі можливі домішки в пасти не зникали, отримуючи при цьому, після сушіння, зерна в чистому вигляді для кожної групи пасти, фотографії із зазначенням найбільш характерних форм і розмірів зерен, представлені на рис. 2.

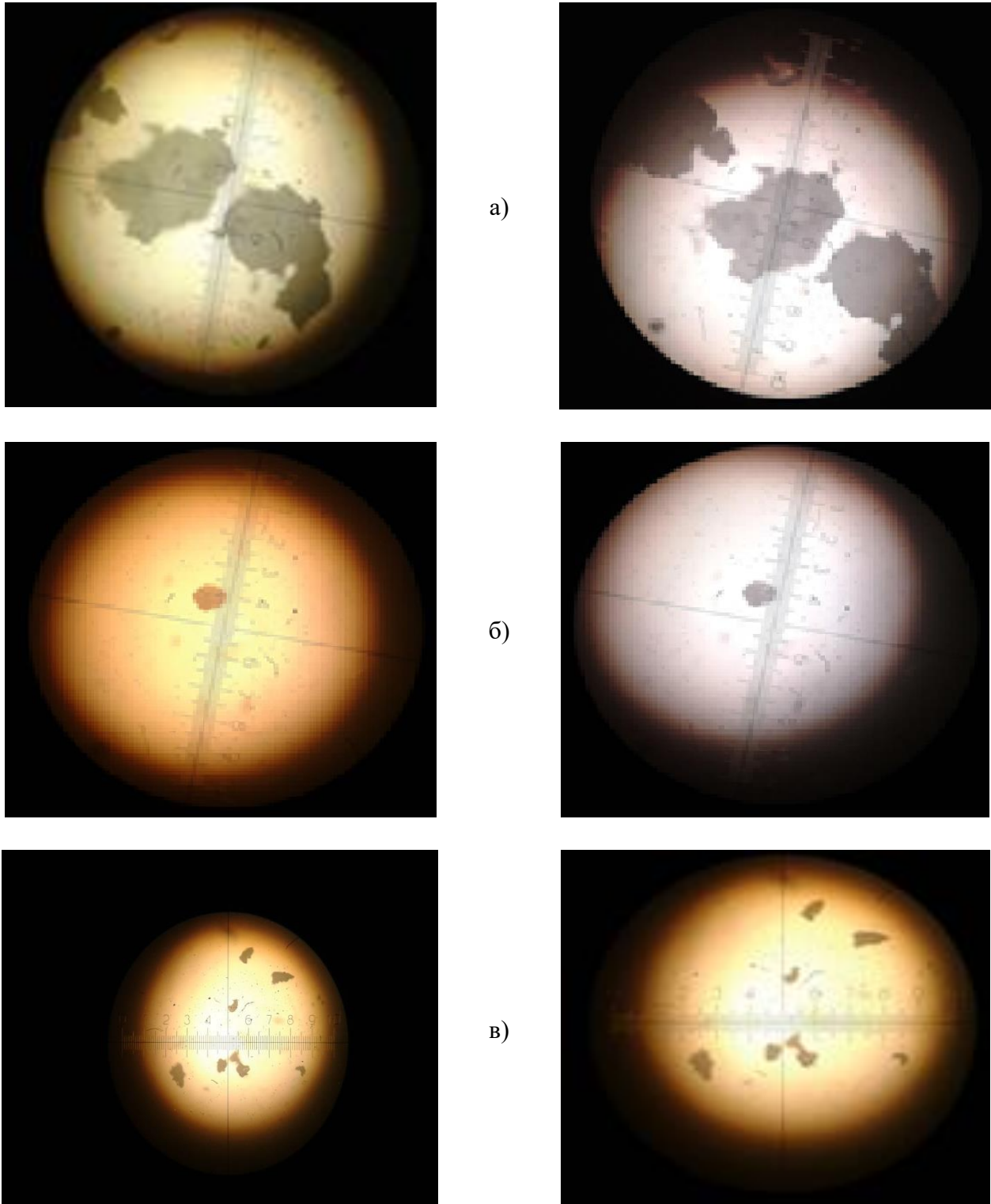
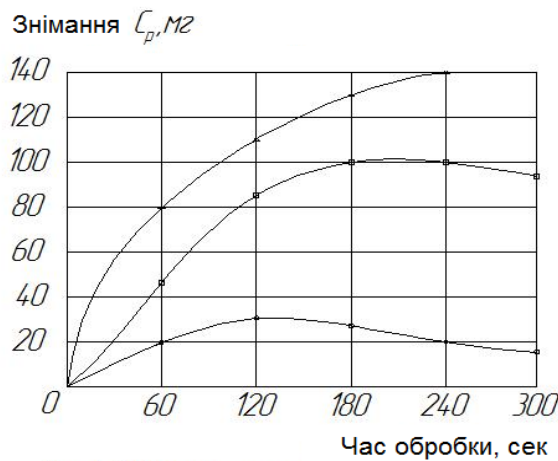


Рисунок 2 – Фотографії зерен пасти ГОІ різної крупності:  
а – грубі, б – середні, в – тонкі

## Машинобудування і зварювальне виробництво

Після цього, кожній з груп, в послідовності, зменшення розмірів зерен, імітувався технологічний процес доведення плоских пластинок з використанням чорнової, чистової і тонкої зернових мас; після кожної операції, за допомогою профілометра знімалися профілограми, крім тонкого - доведення, для якого було недостатньо технічної можливості приладу, та й для цього і не було необхідності, тому що була спіймана закономірність зміни шорсткості зі зменшенням фракції зерна, представлені на рис. 4 а, б, в, г. Аналізуючи отримані профілограми можна зробити висновок, що величина піків шорсткості, зі зменшенням величини зерна, при інших рівних режимних параметрах доведення зменшується, але при цьому знижується величина знімання матеріалу з деталі, тобто продуктивність процесу знижується на незначну величину, одночасно йде суттєве покращення шорсткості, що закономірно, як видно з графіків, додаткових досліджень проведених нами, для виявлення впливу деяких характеристик абразивних зерен на продуктивність процесу доведення. Ці графіки представлені на рис. 3 а, б, в, г.

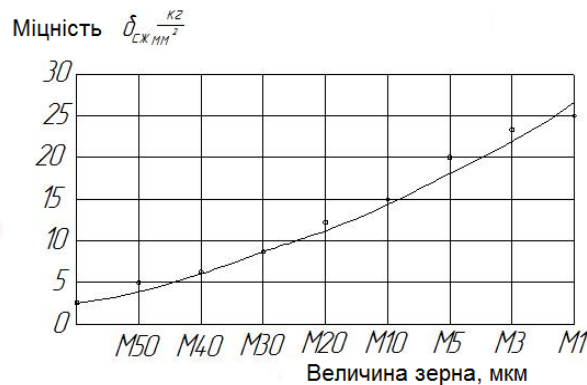


а) Залежність знімання металу від часу обробки

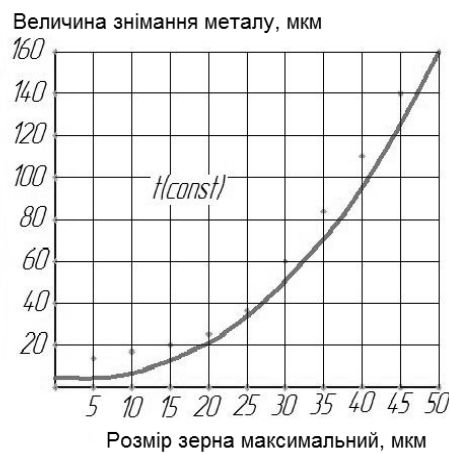


б) Залежність шорсткості від величини зерна

## Машинобудування і зварювальне виробництво



в) Залежність міцності зерна від його розмірів



г) Залежність знімання металу від величини зерна

Рисунок 3 – Графіки впливу зернової маси на деякі параметри процесу доведення

Для пояснення характерів одержуваних поверхонь був прийнятий наступний підхід, а саме, імовірно виявлялося в кількісному плані, скільки і якої зернової маси під час ведення процесів чорнового, чистового і тонкого доведення знаходиться в обсязі обмеженому розмірами притиру і оброблюваної поверхні, а також величиною зерна яким ведеться доведення. При виявленні розмірів зерен кожної з груп було виявлено, що великі зерна мали у перетині розміри в діапазоні 45 ... 65 мкм, середні 45 ... 30 мкм, а дрібні 5 ... 2мкм. Це дало можливість уточнити, яким чином залежить процес обробки пастою ДОІ, від кількості окремих зерен в загальній зерновій масі пасти, тобто, яка кількість зерен певної зернистості працює. Тому при використанні абразивних паст і суспензій концентрацію абразиву ми висловлювали в  $\frac{шт}{мм^3}$ , тобто відношення числа зерен,  $n$  до загального обсягу маси пасти  $V_{обш}$ , в яку ці зерна внесені  $K = \frac{n}{V_{обш}}$

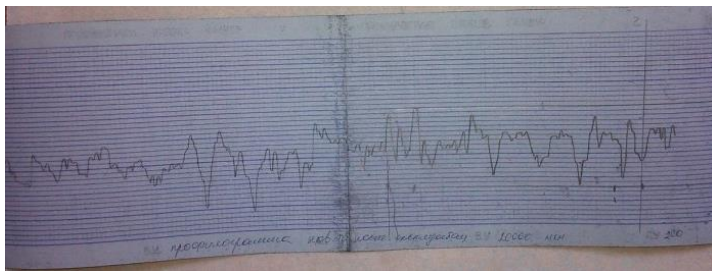
Зі зменшенням кількості рідкої компоненти пасти число абразивних зерен, які будуть контактувати з поверхнею деталі збільшується, у нашому випадку вона постійна. Будемо виходити з того, що в кожній групі пасти концентрація абразивних зерен оптимальна. Обсяг маси пасти яка застосовувалася в експериментах був один і той же, але зернистість в кожній операції була різна:

## Машинобудування і зварювальне виробництво

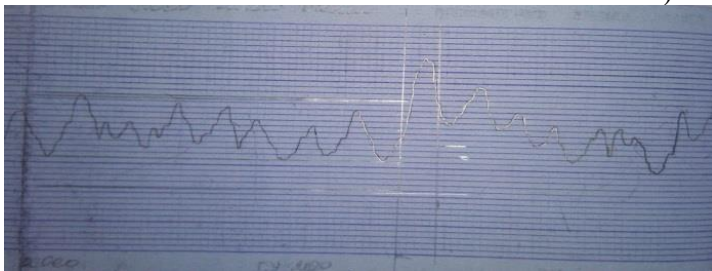
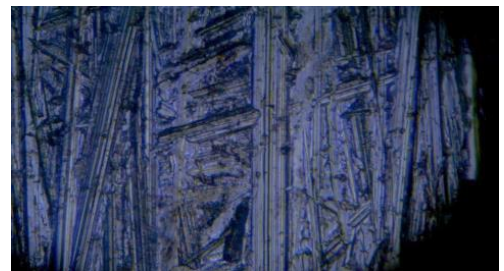
**Попереднє доведення**      $V=d =60 \text{ мм}, S=2826\text{мм}^2$ ,  
 середня величина великих зерен –  $50\text{мкм}= 0,05\text{мм}$ ,  
 тоді  $V_{\text{пасти}}=141,3\text{мм}^3, N_{\text{зер}}=56520 \text{ шт}$   
 (де  $V$ - ширина паска;  $D$ - діаметр притиру);

**Чистове доведення**  $V= d =60 \text{ мм}; S=2826 \text{ мм}^2$ ,  
 середня величина великих зерен –  $15\text{мкм}=0,015\text{мм}$ ,  
 тоді  $V_{\text{пасти}}=43,4 \text{ мм}^3, N_{\text{зер}}=188400 \text{ шт}$ ;

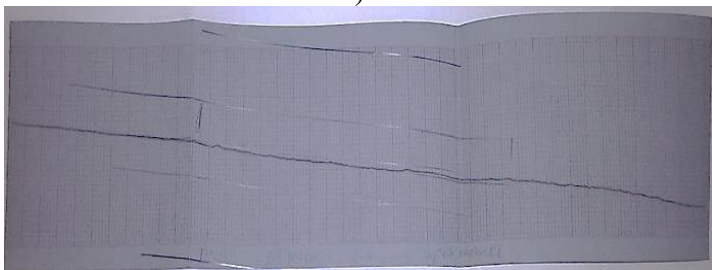
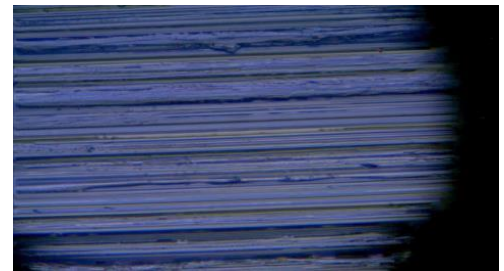
**Тонке доведення**      $V=d =60\text{мм}, S=2826\text{мм}^2$   
 середня величина великих зерен –  $5\text{мкм}=0,005\text{мм}$ ,  
 тоді  $V_{\text{пасти}}=14,1\text{мм}^3, N_{\text{зер}}=565200 \text{ шт}$ ;



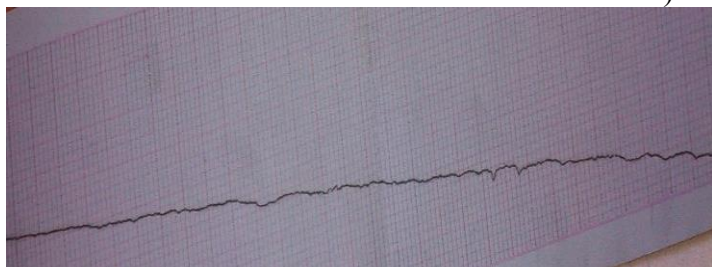
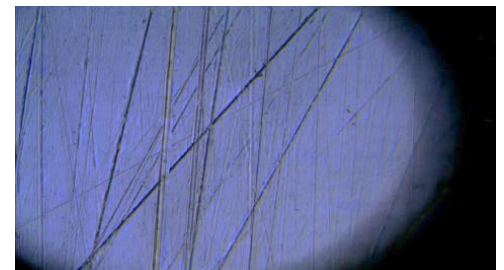
а)



б)



в)



г)

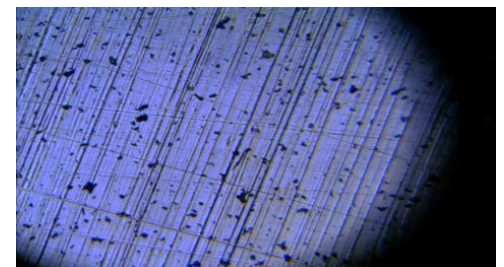


Рисунок 4 – Профілограми і зовнішній вигляд оброблених поверхнь (збільшення  $\times 1200$ ):

- а) зношеної поверхні; б) поверхні отримані після точіння;
- в) поверхні отримані після першої операції доведення (попередньої);
- г) поверхні отримані після другої операції доведення (остаточної)



## Машинобудування і зварювальне виробництво

Як показують виконані розрахунки: при попередньому доведенні на площі безпосереднього контакту притиру з оброблюваної поверхнею беруть участь - 56520 зерен фракції 50мкм, при чистовій - 188400 зерна фракції 15 мкм, а при тонкій доведенні - 565200 зерен фракції 5мкм, що пояснює зниження шорсткості при зменшенні фракції зерен на кожній операції і збільшення їх кількості. При обробці великими зернами на чорновій операції процесу доведення, йде процес мікрорізання одиничними зернами пасти, так як вони знаходяться в напівзакріплених положеннях, періодично западаючи і проникаючи своїми ріжучими елементами в мікронерівності, які отримані від попередньої обробки, в силу їх невеликої кількості, в шарі пасти; а значить вони, при цьому, мають більше можливостей для хаотичного переміщення в цьому шарі по оброблюваної поверхні деталі а й притирання про що сказано в [2]. При подальших доводочних операціях (чистовій і тонкій), виростає частка мікроударного впливу зерен дрібніших фракцій через їх більш щільного розподілу в шарі пасти, що обмежує їм можливість хаотичного переміщення в ній і забезпечуючи при цьому підвищення класу шорсткості і глибину наклепу поверхневого шару, а значить збільшує опір зношування його, під час експлуатації при переміщенні через відремонтовану засувку; технологічних рідин або газу.

### ВИСНОВКИ

У статті розглянуті питання взаємодії величини зернової маси абразиву і розмірів зерен на якість доведення плоских вставок контактуючих поверхонь з кольорового металу у великогабаритних деталях запірної арматури, а також визначено, що немає підстав робити всеосяжні висновки про спільність всіх закономірностей в процесі обробки твердих тіл при дії вільним абразивом, а в кожному конкретному випадку проводити додаткові дослідження, але при цьому беручи за основу загальноприйняту теорію доведення.

#### Список використаних джерел:

1. Ящерицын, П. И. Тонкие доводочные процессы обработки деталей машин и приборов / П. И. Ящерицын, А. Г. Зайцев, А. И. Барботько. – Минск : Наука и техника, 1976. – 328 с.
2. Доводка прецизионных деталей машин / П. Н. Орлов, А. А. Савелова, В. А. Полухин, Ю.И. Некстеров; под ред. Г. М. Ипполитова. – М. : Машиностроение, 1978. – 256 с.
3. Ипполитов, Г. М. Абразивно-алмазная обработка / Г. М. Ипполитов. – М. : Машиностроение, 1969. – 334 с.

**Водзянский В. В., Потлов В. А., Бантюков В. В.**

### ВЛИЯНИЕ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЦЕСС ДОВОДКИ

*В работе представлены результаты исследований, проведенных авторами при ведении технологического процесса восстановления изношенных поверхностей методом доведения контактных поверхностей крупногабаритных деталей запорной арматуры, предварительно обработанных на токарных станках до  $Ra = 0,8$  мкм, для которых важнейшим эксплуатационным параметром является обеспечение максимальной плотности соединения. С целью выявления влияния геометрической величины абразивного зерна на производительность процесса доводки, на шероховатость обрабатываемых поверхностей, а также ряда механических и физических характеристик зерна, влияющие на сам процесс доведения цветных металлов гомогенной структуры. Эксперименты проводились на крупногабаритных деталях запорной арматуры магистральных трубопроводов, их эскизы представлены на соответствующих рисунках. Анализ литературных источников в направлении обработки контактирующих поверхностей позволил выбрать из большого количества предлагаемых*

## Машинобудування і зварювальне виробництво

*технологических процессов и инструментов, доведение поверхности с помощью пасты ГОИ, как наиболее эффективную в нашем случае, так как цветные пояса изготовлены из латуни или бронзы. В работе изучается влияние абразивной водонерастворимой пасты ГОИ с различными по размерам зернами, в состав всех этих паст в обязательном порядке входят поверхностно-активные вещества (ПАВ) из которых наиболее существенно влияют на процесс стеариновая и олеиновая кислоты. Данные вещества подтверждают физико-химическую гипотезу академика Гребенщикова, которая наиболее соответствует на сегодняшний день объяснению физической сущности процесса доказывания. Эта гипотеза наилучшим образом объясняет физическую сущность процесса доказывания пастами типа ГОИ и доказывает, что процесс доводки состоит из двух частей; важнейшая часть процесса доведения на черновой части операции обработки, это срезание слоя металла абразивными зернами, а на последующих чистовых операциях существенно увеличивается доля активного размягчения пленок оксидов поверхностного слоя созданных абразивными зернами ювенильных поверхностей толщиной ориентировочно 2-5 нанометров. Полученные результаты опытов, подтверждаются профилограммами и фотографиями поверхности.*

**Ключевые слова:** доводка, запорная арматура, шероховатость поверхности, производительность, величина зерна.

Vodzianskyi V. V., Potlov V. O., Bantyukov V. V.

### INFLUENCE OF ABRASIVE MATERIALS ON THE FINISHING PROCESS

*The paper presents the results of research carried out by the authors while conducting the technological process of restoring worn surfaces by bringing the contact surfaces of large parts of shut-off valves pretreated on lathes to  $Ra = 0.8 \mu m$ , for which the most important operational parameter is to ensure the maximum connection density. In order to reveal the influence of the geometric value of the abrasive grain on the productivity of the finishing process, on the roughness of the treated surfaces, as well as a number of mechanical and physical characteristics of the grain that affect the process of bringing non-ferrous metals to a homogeneous structure. The experiments were carried out on large-sized parts of shut-off valves of main pipelines, their sketches are presented in the corresponding figures. Analysis of literary sources in the direction of processing contact surfaces made it possible to choose from a large number of proposed technological processes and tools, finishing the surface with GOI paste, as the most effective in our case, since the colored belts are made of brass or bronze. The work studies the effect of the GOI abrasive water-insoluble paste with grains of various sizes, all of these pastes necessarily include surfactants (surfactants) of which stearic and oleic acids most significantly affect the process. These substances confirm the physicochemical hypothesis of Academician Grebenshchikov, which is most consistent with the explanation of the physical essence of the proof process. This hypothesis explains in the best way the physical essence of the proving process with pastes such as GOI and proves that the refinement process consists of two parts; The most important part of the process of finishing on the rough part of the processing operation is cutting off the metal layer with abrasive grains, and in subsequent finishing operations, the share of active softening of the oxide films of the surface layer created by abrasive grains of juvenile surfaces with a thickness of approximately 2-5 nanometers increases significantly. The obtained experimental results are confirmed by profilograms and photographs of the surface.*

**Keywords:** finishing, stop valves, surface roughness, productivity, grain size.

Стаття надійшла 15.02.2021 р.