



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичного заняття №6

«ВИБІР ХАРАКТЕРИСТИК ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ ТА ЇХ МАРКІРУВАННЯ»

з дисципліни «Інструментальні матеріали»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
зі спеціальності 131 Прикладна механіка
(освітньо-професійна програма «Прикладна механіка»)
усіх форм навчання

Затверджено редакційно-видавничою
секцією науково-методичної ради ДДТУ
21.10.2021 р., протокол №8

Кам'янське
2021

Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу Дніпровського державного технічного університету заборонено.

Методичні вказівки до практичного заняття №6 «Вибір характеристик шліфувальних кругів та їх маркірування» з дисципліни «Інструментальні матеріали» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 Прикладна механіка (освітньо-професійна програма «Прикладна механіка») усіх форм навчання. / Укладач: Музичка Д.Г. – Кам'янське, ДДТУ. – 2021р. - 32 стор.

Укладач: Музичка Д.Г., к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск:
Бельмас І.В., проф., д.т.н., зав. каф. ТМЗ

Рецензент: Чухно С.І., доцент, к.т.н.

Затверджено на засіданні кафедри ТМЗ
(протокол №17 від 20.10.2021р.)

У методичних вказівках розглянуті питання вибору характеристик шліфувальних кругів: абразивних матеріалів, зернистості, типу зв'язки, твердості, структури та класів точності та неврівноваженості, а також форми абразивного інструменту. Розглянуте питання маркірування абразивного інструменту. Методичні вказівки містять завдання до практичної роботи, а також перелік рекомендованої літератури та питання для самоперевірки.

ЗМІСТ

1	Характеристики абразивних матеріалів та область їх застосування	4
2	Зернистість матеріалів	7
3	Зв'язка абразивного інструменту	10
4	Твердість абразивного інструменту	16
5	Структура абразивного інструменту	17
6	Класти точності абразивних інструментів	19
7	Класи невірноваженості шліфувальних кругів	20
8	Форма абразивних інструментів	20
9	Маркірування абразивних інструментів	23
	Завдання	28
	Питання для самоперевірки	29
	Перелік посилань	30

ВИБІР ХАРАКТЕРИСТИК ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ ТА ЇХ МАРКІРУВАННЯ

(Практичне заняття №6)

1 Характеристики абразивних матеріалів та область їх застосування

Розповсюдженим видом обробки поверхонь є абразивна обробка, яка за останній час із способу зниження шорсткості поверхні перетворилася у найбільш продуктивний спосіб формоутворення. Абразивна обробка – це єдиний спосіб обробки сучасних інструментальних матеріалів (твердих сплавів, мінералокераміки, понадтвердих матеріалів)

Речовинами підвищеної твердості, які застосовуються для механічної обробки, є абразивні матеріали. Вони поділяються на природні (алмаз, корунд, наждак, кварцовий пісок, гранат, кремень та ін.) та штучні (алмаз синтетичний, ельбор, карбід бору, карбід кремнію, електрокорунд, технічне скло та ін.).

Умовні позначення найбільш розповсюджених абразивних матеріалів наступні: А – алмаз природний; АС – алмаз синтетичний; АР – алмаз синтетичний полікристалічний; Л – ельбор; nA – матеріал на основі корунда (n – цифра, що характеризує конкретний матеріал); nC – матеріали на основі карбіду кремнію; КБ – карбід бору.

Область застосування вказаних абразивних матеріалів приведена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Область застосування абразивних матеріалів

Абразивний матеріал	Мар-ка	Вид матеріалу	Область застосування
1	2	3	4
Корунд природний		Зерна для шліфувальних кругів спеціального призначення	Шліфування кульок для підшипників кочення. Шліфування та доводка металів, скла та інших матеріалів
Електрокорунд нормальний: $Al_2O_3 - 91 \%$	12A	Зерна для шліфувальних кругів на органічній зв'язці, порошки, мікропорошки	Обдирне шліфування чавунного і сталевих лиття, поковок, штампованих деталей і зачищення сталевих швів. Оздоблювальна обробка порошками металевих виробів
$Al_2O_3 - 92 \%$	13A		
$Al_2O_3 - 93 \%$	14A		

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
нормальний: $Al_2O_3 - 93 \%$	14A	Зерна для абразивного інструмента на різних зв'язках	Шліфування конструкційних і вуглецевих сталей у сирому і загартованому виді, легованих сталей, ковкого чавуна, твердої бронзи
$Al_2O_3 - 95 \%$	15A	Зерна і порошки для абразивних інструментів на різних зв'язках. Круги для швидкісного шліфування	Шліфування вуглецевих і легованих сталей у загартованому стані, швидкорізальних сталей, їхніх замінників, заточення інструмента
білий: $Al_2O_3 - 97 \%$	22A	Зерна і порошки для абразивних інструментів на органічних зв'язуваннях. Порошки	Шліфування і доведення легованих і загартованих сталей
$Al_2O_3 - 99...99,3 \%$	23A 24A	Зерна, порошки і мікропорошки для абразивних інструментів на різних зв'язуваннях. Кола для швидкісного шліфування	Шліфування і доведення легованих і загартованих сталей. Заточування і доведення різального інструменту.
Монокорунд $Al_2O_3 - 96,5...97,4 \%$ $Al_2O_3 - 97,5...98,5 \%$	43A 45A	Порошки і пасти з них Зерна і порошки для абразивних інструментів на різних зв'язуваннях	Доведення загартованих вуглецевих і легованих сталей Шліфування легованих, цементованих загартованих і азотованих сталей. Заточування і доведення ріжучого інструменту
Електрокорунд хромистий	34A	Зерна і порошки для абразивних інструментів на різних зв'язках	Шліфування конструкційних вуглецевих, легованих сталей загартованих або незагартованих. Забезпечують кращу якість поверхні, ніж круги з 22A и 23A при більшій стійкості кругів
Електрокорунд титанистий	37A	Те саме	Швидкісне шліфування сталевих заготовок кругами на керамічній та бакелітовій зв'язках
Електрокорунд цирконієвий	38A	Круги, сегменти	Обдирне силове шліфування сталевих заготовок кругами на бакелітовій зв'язці при високих швидкостях та подачах
Електрокорунд хромотитаністий	91A 92A	Круги	Шліфування на напівчистових та чистових режимах загартованих виробів з вуглецевих, конструкційних, швидкорізальних та важко оброблювальних сталей кругами на усіх зв'язках

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
	93A 94A	Круги Вільне зерно, пасти	Шліфування сталевих загартованих та незагартованих заготовок кругами на керамічній та бакелітовій зв'язках Відділка та доводка чавунних заготовок, а також заготовок з кольорових металів та їх сплавів незакріпленими мікропорошками
Карбід кремнію: чорний SiC – 95 % SiC – 97 % SiC – 98 %	53C 54C 55C	Зерна і порошки Зерна і порошки для абразивних інструментів на різних зв'язуваннях	Шліфування чавуну, кольорових металів та вольфрамових твердих сплавів інструментами з шліфпорошків на усіх зв'язках. Зернистістю 125/50—обробка чавуна, міді, алюмінію, скла, порцеляни, каменю, ебоніту і т.д. Зернистістю 40/16 — шліфування твердих і тендітних матеріалів. Заточення інструментів, оснащених пластинками з твердих сплавів
зелений SiC — 97% SiC — 99 % SiC—99,5 % SiC—96 % SiC—97 %	63C 63C 63C 63C 63C	Зерна для абразивних інструментів на різних зв'язках Порошки і мікропорошки	Точне шліфування і доведення легованих і загартованих сталей і неметалічних матеріалів високої твердості. Шліфування твердих сплавів, заточування твердосплавного інструмента, заточування мінералокерамічних різців. Обробка неметалічних матеріалів високої твердості
Карбід бору	КБ	Порошки, мікропорошки і пасти з них	Доведення різальних інструментів із твердих сплавів і мінералокерамічних різців. Розшліфування і доведення каліброваних кілець із твердих сплавів, шліфування технічних і годинних каменів зі штучного рубіна, свердління і доведення під'ятників для спеціальних вимірювальних приладів т.д.

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Алмаз	А, АС, АР	Вільне зерна, пасти, круги, бруски, олівці, ролики	Шліфування, різка, доводка й обробка твердих сплавів, прав- ка шліфувальних кругів
Ельбор	ЛП, ЛО	Вільне зерна, пасти, круги, бруски, олівці, ролики	Завершальна обробка високо- точних заготовок з підшипни- кових, інструментальних та важко оброблювальних загар- тованих сталей інструментами з шліфувальних порошків на усіх зв'язках. Обробні роботи незакріпленим зерном та шлі- фувальною шкіркою

2 Зернистість матеріалів

Зернистість абразивних матеріалів. Отримані різними способами абразивні матеріали сортуються, дробляться і подрібнюються в спеціальних машинах. У залежності від складу вихідного матеріалу, вимог до складу і властивостей зернових продуктів абразивні матеріали піддаються хімічній і термічній обробці і просіваються на ситах для сортування по розмірах.

Розмір зерен — зернистість абразивних матеріалів — визначається розмірами сторін осередків двох сит, через які просівають відібрані абразивні зерна. За зернистість приймають номінальний розмір сторони осередку у світлі сітки, на якій затримується зерно. Зернистість абразивних матеріалів позначають номерами відповідно до ДСТ 3647—71, що відповідає рекомендаціям СЭВ по стандартизації РС 2203—69.

У залежності від крупності часток абразивні матеріали поділяють на групи і номери (таблиця 2). Кожен номер зернистості за ДСТ 3047—71 характеризується наступними фракціями: основною, крупною, гранично дрібною (першою та другою) і комплексною. Номер зернистості характеризується розміром основної фракції.

Основна фракція абразивного порошку — це сукупність абразивних зерен одного інтервалу розмірів, що переважають по кількості даного абразивного

порошку.

Крупна фракція абразивного порошку - сукупність абразивних зерен, розміри яких перевищують розміри зерен основної фракції на один інтервал розмірів.

Гранична фракція абразивного порошку - сукупність абразивних зерен, розміри яких перевищують розмір зерен основної фракції на один–два інтервали.

Таблиця 2 – Групи та зернистості матеріалів

Група зернистості	Зернистість
Шліфзерно	200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16
Шліфпорошки	12, 10, 8, 6, 5, 4, 3
Мікропорошки	M63, M50, M40, M28, M20, M14
Тонкі мікропорошки	M10, M7, M5, M3, M2, M1

Дрібна фракція - сукупність абразивних зерен в пороші, розміри яких менше розмірів зерен основної фракції на один-два розміри.

Комплексна фракція - сукупність абразивних зерен, розміри яких коливаються щодо розмірів основної фракції на $\pm$ один інтервал.

За номер зернистості мікропорошків приймають верхню межу зерен основної фракції.

Зернистість алмазних зерен і зерен з інших синтетичних надтвердих матеріалів. Алмазні порошки є сукупністю алмазних зерен різної величини і форми у вигляді монокристалів, їх осколків, зростків і полікристалів. Зерна синтетичних алмазів і інших надтвердих матеріалів не мають гострої форми. У зв'язку з цим розмір зерна по ГОСТ 9206-70 визначають як суму довжини і ширини прямокутника, умовно описаного навколо проекції зерна так, щоб велика сторона прямокутника відповідала найбільшій довжині проекції зерна.

Таблиця 3 - Застосування абразивних матеріалів залежно від їх зернистості

Зернистість абразивних інструментів	Зернистість алмазних інструментів	Область застосування
200; 160; 125; 100	-	Зачистка заготовок, виливків, поковок, крупних штампованих деталей (ручні обдирні роботи)
125; 100; 80	-	Правка шліфувальних кругів. Ручне обдирне шліфування заготовок після лиття, кування, штампування, прокатки та зварювання
80; 63; 50	-	Плоске шліфування торцем круга; заточування середніх і крупних різців; правка абразивних інструментів, відрізні роботи, грубі зачисні роботи шкіркою
63; 50	-	Попереднє кругле зовнішнє, внутрішнє, без центрове та плоске шліфування з параметром шорсткості поверхні $Ra = 2,5 \dots 0,63$ мкм. Відділка металів та неметалічних матеріалів. Шліфування в'язких матеріалів. Заточка крупних та середніх різців. Відрізання.
40; 32; 25	-	Попереднє і остаточне шліфування з одного установка, заточування ріжучого інструменту, чорнове шліфування шкіркою
40; 32	315/250-250/200	Попереднє і чистове шліфування деталей з параметром шорсткості поверхні $Ra = 2,5 \dots 0,32$ мкм. Шліфування крихких матеріалів
25; 20; 16	200/160-125/100	Чистове шліфування деталей, обробка фасонних профілів, заточування дрібного ріжучого інструменту, попереднє алмазне шліфування з параметром шорсткості поверхні $Ra = 1,25 \dots 0,16$ мкм. Шліфування крихких матеріалів, попереднє шліфування шкіркою
12; 10	125/100-80/63	Відділочне шліфування деталей з параметром шорсткості $Ra = 0,63 \dots 0,16$ мкм. Чистове алмазне шліфування, заточування ріжучих інструментів. Попереднє хонінгування
8; 6	63/50-50/40	Чистове та тонке шліфування деталей з твердих сплавів, металів, скла та інших неметалічних матеріалів. Доводка ріжучого інструменту. Різьбошліфування з мілким кроком різьби. Чистове хонінгування
5; 4; 3	50/40-40/28	Відділочне шліфування металів, скла, мармуру та ін.; різьбошліфування; доводка тонких лез; чистове хонінгування, завершальне шліфування шкіркою
M40.. M5 -	40/28-5/3	Завершальна доводка деталей з точністю 3-5 мкм та менш та параметром шорсткості $Ra = 0,16 \dots 0,32$ мкм. Суперфінішування, завершальне хонінгування. Різьбошліфування з мілким кроком різьби. При-тирка, доводка тонких лез.
-	1/0	Доводка особливо точних деталей

Алмазні порошки в залежності від розміру зерен, методу їхнього одержання і контролю поділяються на двох груп: *шліфпорошки*, одержувані шляхом розсіву на ситах з контролем зернового складу ситовим методом, і *мікропорошки*, одержувані шляхом класифікації з використанням рідини і контролем зернового складу мікроскопічним методом. Зернової склад алмазних порошків характеризується сукупністю фракцій: основний, переважної по кількості, і побічних — великої і дрібний, виражених у відсотках (шліфпорошків - по масі, мікропорошків — по кількості зерен).

Зернистість алмазних і інших синтетичних надтвердих матеріалів позначають дробом, у якого чисельник відповідає найбільшому, а знаменник найменшому розмірам зерен основної фракції. Розмір зерен у кожній фракції шліфпорошків визначають розмірами сторін осередків двох контрольних сит, з яких через верхнє сито зерна повинні проходити, а на нижньому затримуватися.

3 Зв'язка абразивного інструменту

Зв'язка служить для того, щоб окремі абразивні зерна скріпити в одне тіло. Вид зв'язки абразивного інструменту істотно впливає на його міцність і режими роботи.

Зв'язки поділяються на дві групи: неорганічні й органічні. До неорганічних зв'язок відносяться керамічна, магнезіальна і силікатна.

Керамічна зв'язка являє собою склоподібну чи фарфороподібну масу, складовими частинами котрої є вогнетривка глина, польовий шпат, кварц і інші матеріали. Суміш зі зв'язки й абразивного зерна пресується в формі чи відливається. Литі кола більш тендітні і пористі, чим пресовані. Різна твердість кіл досягається шляхом підбору складу зв'язки, а пористість - режимами пресування.

Керамічна зв'язка є стійкою при високих температурах, має велику хімічну стійкість, а тому допускає при шліфуванні застосування різноманітних змащуючих і охолоджуючих рідин. На керамічній зв'язці виготовляються шліфувальні круги з електрокорунду нормального, електрокорунду білого, карбіду кре-

мнію чорного і зеленого. Допускається швидкість шліфувального круга на керамічній зв'язці до 65 м/с.

Керамічна зв'язка є найпоширенішою, тому що використання її в абразивних інструментах раціонально для найбільшого числа операцій.

Магнезіальна зв'язка являє собою суміш каустичного магнезиту і розчину хлористого магнію. Процес виготовлення інструменту на цій зв'язці найбільш простий - ущільнення маси у формі і сушіння. Звичайно виготовляються круги твердістю не вище СТ. Шліфувальні круги на магнезіальній зв'язці гігроскопічні й повинні зберігатися в сухому і провітрюваному приміщенні. Круги мають підвищений знос, нестійкий профіль, але працюють з невеликим нагріванням оброблюваної поверхні. Швидкість кругів на магнезіальній зв'язці - у межах 20 м/с.

Силікатна зв'язка складається з рідкого скла, що змішується з окисом цинку, крейдою й іншими наповнювачами. Вона не забезпечує міцного закріплення зерен у крузі, тому що рідке скло слабо зчіплюється з абразивними зернами. Круги на силікатній зв'язці застосовуються в тих випадках, коли обробка виконується без охолодження та в той же час оброблювана поверхня не повинна перегріватися. Круги на цій зв'язці досить водо- і лугостійкі (щелочеустойчивы). Вони забезпечують більш велику продуктивність, ніж круги на бакелітовій зв'язці. При нагріванні зерна, що затупилися, легко звільняються зі зв'язки й у роботу вводяться нові зерна. Швидкість кругів на цій зв'язці — до 30 м/с.

До органічних зв'язок відносяться бакелітова, гліфталева і вулканітова.

Бакелітова зв'язка являє собою бакелітову смолу у виді порошку чи бакелітового лаку. Це найбільш розповсюджена з органічних зв'язок.

Круги на бакелітовій зв'язці виготовляють з різних абразивних матеріалів. Вони мають високу міцність і еластичність, стійкі до перемінних навантажень, але пористість їх нижче, ніж у кругів на керамічній зв'язці. Круги на бакелітовій зв'язці працюють при швидкостях 35...70 м/с і більш. На цій зв'язці виготовляють круги товщиною (висотою) до 0,18 мм для відрізних робіт.

При роботах, коли температура круга досягає понад 300 °С, зв'язка швид-

ко вигорає, а зерна легко викришуються. Під дією лужних (щелочних) рідин бакелітова зв'язка частково руйнується, а тому застосування охолоджуючих рідин зі змістом соди більш 1,5% не рекомендується.

Гліфталева зв'язку отримують при взаємодії гліцерину і фталевого ангідриду. На гліфталевій зв'язці інструмент виготовляється приблизно так само, як і на бакелітовій. Зерна перемішуються зі зволожувачем, а потім зі здрібненою гліфталевою смолою. Ця маса протирається через сітку і формується на гідравлічних пресах у прес-формах до одержання заданої об'ємної ваги. Потім виробляється термообробка в камерних сушильних печах з електропідігрівом. Водостійкість і пружність таких кругів більші, ніж кругів на бакелітовій зв'язці, але міцність і теплостійкість менше. Застосовуються круги на гліфталевій зв'язці для остаточного шліфування і доведення виробів із шорсткістю поверхні 10-го...11-го класів. Швидкість кругів на цій зв'язці — 35...50 м/с.

Вулканітова зв'язка у своїй основі має синтетичний каучук. Для виготовлення кругів абразивний матеріал змішують з каучуком, а також сіркою й іншими компонентами в малих кількостях. У спеціальних формах під пресом абразивну суміш вулканізують, при цьому каучук стає твердим і еластичним. При температурі вище 150 °С каучук розм'якшується і набивається в проміжки між зернами абразиву. Круги на такій зв'язці засалюються і вимагають правлення.

Круги на вулканітовій зв'язці завдяки їх еластичності успішно використовують для прорізних і відрізних робіт. Вони володіють гарною поліруючою здатністю і дозволяють працювати з лужними охолодними рідинами. Швидкість кіл на вулканітовій зв'язці - 18...80 м/с.

Для зв'язок прийняті наступні умовні позначки: керамічна - К, магнезіальна - М, силікатна - С, бакелітова – Б, гліфталева — ГФ, вулканітова — В.

Таблиця 4 – Зв'язки абразивних інструментів

Склад	Область застосування		Особливості зв'язки та інструменту на її основі
	абразивний інструмент	вид обробки	
1	2	3	4
Неорганічні			
Керамічна К1 – К10			
Вогнетривка глина, польовий шпат, тальк, кварц, розчинне скло, декстрин	Шліфувальні круги, головки, бруски, сегменти	Усі види шліфування, за виключенням прорізки вузьких пазів та розрізних робіт, при коловій швидкості шліфувального круга до 35 м/с та спеціального круга до 60: К1, К2, К3, К4, К5, К6, К8, К10 – для усіх основних видів шліфування, крім прорізання вузьких пазів, обдирних робіт на підвісних верстатах; К2, К3 – для інструменту з карбіду кремнію; К2 – для дрібнозернистого інструменту; К1, К5, К8 – для інструменту з електрокорунду	Шліфувальні круги добре зберігають робочий профіль інструменту, але чутливі до ударних та згинаючих навантажень
Магнезіальна МГ			
Каустичний магнезит та хлористий магній (магнезіальний цемент)	Шліфувальні круги	Сухе шліфування на заточувальних та зачисних операціях при обробці деталей прямого профілю, що не потребують витримування точних розмірів, з найбільшою допустимою коловою швидкістю 20 м/с	Шліфувальні круги погано зберігають робочий профіль
Силікатова С			
Розчинне скло (силікат натрію), окисел цинку, крейда, пластична глина	Шліфувальні круги	Плоске сухе шліфування торцем круга; шліфування особливо чутливих до перегріву деталей, а також у видках, коли круг має велику площину контакту із деталлю, що шліфується	Круги розм'якшуються при роботі з охолоджуючою рідиною.
Металева М			
Мідна або алюмінієва основа з додаванням інших компонентів та наповнювачів	Ельборові та алмазні шліфувальні круги, головки, хонінгувальні бруски, притири	Усі види шліфування та доводки, де використовуються алмазна обробка та обробка інструментом з ельбору	Інструменти добре зберігають робочий профіль, але схильні до засалювання

Продовження таблиці 4

1	2	3	4
О р г а н і ч н і			
Бакелітова Б, Б1, Б2, Б3, Б4; БУ; Б156; БП2			
Фенолформальдегідні смоли, фурфурол	Шліфувальні круги, головки, бруски	Б, Б1, Б2, Б3, Б4, БУ, Б156, БП2 – круги зі зміцненими елементами для шліфування при швидкостях круга 65, 80 та 100 м/с; кругів для швидкісного обдирного шліфування, обдирного шліфування на підвісних верстатах та вручну, плоского шліфування торцем круга; відрізання та прорізання пазів; заточування ріжучого інструменту; для шліфування переривчастих поверхонь; мілко зернисті круги для оздоблювального шліфування; алмазні та ельборові круги; бруски хонінгувальні, сегменти шліфувальні, у точу числі для роботи зі швидкістю різання 80 м/с; Б156; БП2, ТО2 (зв'язки з металевим наповнювачем) - заточування твердосплавного інструменту, профільного шліфування, напівчистового та чистового шліфування твердосплавних та керамічних деталей; Б1, О1 – для чистового заточування твердосплавного інструменту без МОР, чистового шліфування твердосплавних деталей	Високі міцність та пружність. Руйнується під дією 1,5%-вої лужної охолоджувальної рідини. Не витримує температури понад 250°C
Гліфталева ГФ			
Гліфталева смола (синтез гліцерину та фталевого ангідриду)	Шліфувальні круги	Чистове та оздоблювальне шліфування	Підвищена пружність у порівнянні з бакелітовою зв'язкою
Вулканітова В; В1, В2, В3, В5			
Каучук та наповнювачі (окисел магнію, окисел цинку, сажа та ін.)	Шліфувальні круги та диски (жорсткі та гнучкі); ведучі круги для безцентрового шліфування	Прорізання вузьких пазів та їх шліфування; відрізні роботи при коловій швидкості круга 80 м/с, шліфування та полірування фасонних поверхонь, шліців, різьб; декоративне полірування до $Ra = 0,1$ мкм еластичними кругами при коловій швидкості не більше 18 м/с	Зв'язка не придатна для знімання великих припусків, оскільки має щільну структуру та схильна до засалювання. Шліфувальні кола можуть виготовлятися тонкими

Продовження таблиці 4

1	2	3	4
Вулканітова СКН			
Синтетичний каучук	Шліфувальні кру- ги для шліфування різьби з мілким кроком	Те саме	Те саме
Клеї, лаки			
Мездровий, казеїновий клей, рідке скло, син- тетичні смоли, шелак та інші лаки	Шкурки, стрічки, полірувальні дис- ки	Сухе шліфування та полірування гуми, металів, дерева, пластмас	Найбільш стійкий при нагріві мездровий клей по ГОСТ 3252-80. Во- достійкій шелак та інші лаки

4 Твердість абразивного інструменту

Під твердістю абразивного інструменту розуміється здатність зв'язки опиратися вирівнюванню шліфувальних зерен з поверхні круга під дією зовнішніх сил. Вона практично не залежить від твердості абразивного зерна. Чим твердіше круг, тим більше зусилля потрібно прикласти, щоб вирвати зерно зі зв'язки. Показником твердості абразивного інструмента є глибина лунки на поверхні кола (при використанні піскоструминного методу виміру твердості за ДСТ 18118—72) чи показання шкали приладу Роквела (при використанні методу вдавнення кульки за ДСТ 19202—73). Перший метод визначення твердості застосовують для інструмента на усіх видах зв'язок зернистістю 50 мкм і менш і при висоті кола понад 8 мм, на керамічній і бакелітовій зв'язках зернистістю 12 мкм і менш і при висоті кола не більш 8 мм. Твердість кругів на вулканітовій зв'язці зернистістю 80...10 визначається відповідно до ДСТ 21323—75, яким передбачається висвердлювання лунки визначеної глибини спеціальним свердлом при постійному тиску на свердел. По кількості оборотів свердла судять про твердість круга.

Твердість круга дуже впливає на процес шліфування. М'якими кругами виконують чистову обробку таких твердих матеріалів, як загартована сталь, тверді сплави. Для обдирних робіт застосовують більш тверді круги. Кругами середньої твердості і твердими обробляють німічні та більш м'які метали – не загартовану сталь, чавун та ін.

При виборі круга по твердості керуються наступними рекомендаціями: при шліфуванні тонких виробів застосовуються більш м'які круги; при профільному (фасонному) шліфуванні, при шліфуванні деталей невеликого діаметра, що перериваються поверхонь кутів, радіусів, а також при шліфуванні з охолоджуючою рідиною використовуються більш тверді круги; круги з меншим зерном варто вибирати більш м'якими, ніж ті, що застосовуються для таких же умов обробки з більш великим зерном.

Шкала твердості абразивного інструмента за ДСТ 18118—72 наведена в

таблиці 5.

Цифри 1, 2, 3 праворуч від літерних позначень характеризують ступінь твердості інструмента в порядку її зростання.

На керамічній та бакелітовій зв'язках випускаються інструменти всіх твердостей, а на вулканітовій — тільки CM1; CM2: C1; C2; CT1; CT2: CT3; T1; T2.

Таблиця 5 – Ступінь твердості абразивних інструментів

Позна- чення	Наймену- вання	Група твердості	Область застосування
М	М'які	M1; M2, M3	Плоске шліфування торцем круга (на бакелітовій зв'язці), периферією круга (на керамічній зв'язці); шліфування та заточування інструменту з твердих сплавів, мінералокераміки, загартованих вуглецевих та легованих сталей. Тонке шліфування, різбошліфування, зубошліфування, суперфінішування. Шліфування кольорових металів та сплавів
СМ	Середньої м'якості	CM1; CM2	
		CM2	Чистове шліфування (кругле, плоске, внутрішнє, без центрове) деталей з загартованої сталі; шліфування різьб з крупним кроком. Обдирне шліфування торцем круга
С	Середні	C1; C2	
		C2	Шліфування (кругле, без центрове, профільне, різбошліфування) незагартованих вуглецевих та легованих сталей та сплавів та інших в'язких матеріалів; плоске шліфування сегментами; хонінгування
СТ	Середньої твердості	CT1; CT2. CT3	
		CT1; CT2	Обдирне шліфування, шліфування фасонних профілей, переривчастих поверхонь, відрізнні роботи, зачистка поковок та виливків, відучі круги для безцентрового шліфування; хонінгування загартованих сталей
Т	Тверді	T1; T2	
ВТ	Досить тверді	BT1; BT2	Обдирне шліфування, правка абразивних кругів методом обкатки та шліфування. Шліфування заготовок з малим припуском (деталі годинникових механізмів), шліфування кульок для підшипників
ЧТ	Надзвичайно тверді	CT1; CT2	

5 Структура абразивного інструменту

Внутрішня будівля абразивного інструмента, що характеризується кількісним співвідношенням обсягу абразивних зерен, зв'язки та пор, називається *структурою круга*. Система структур виражається рівністю:

$$V_z + V_c + V_n = 100 \%,$$

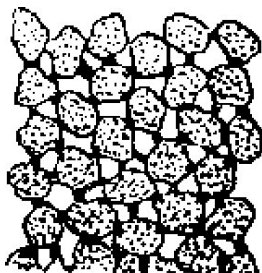
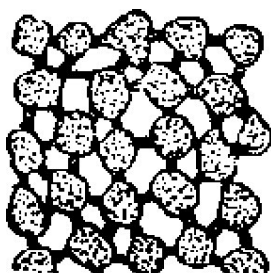
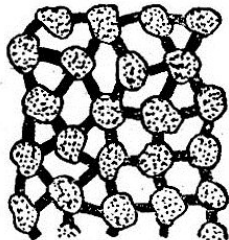
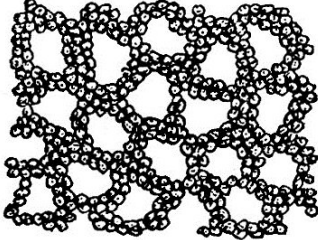
де V_z – об'єм абразивних зерен; V_c - об'єм зв'язки; V_n - об'єм пор.

Основою системи структур є об'ємний вміст абразивного зерна в інструменті (табл. 6). Зі збільшенням щільності структури зростає кількість зерен, що приходить на одиницю робочої поверхні інструменту, а об'єм, що займають пори, зменшується. У відкритій структурі об'єм пор збільшується.

Для обдирного шліфування при зніманні значного припуску (при попередній обробці матеріалів з незначним опором розриву) рекомендується використовувати інструменти високих номерів структур.

Для чистової обробки, для обробки твердих та крихких матеріалів, при підвищених питомих навантаженнях у зоні шліфування використовують круги з меншими номерами структур.

Таблиця 6 – Структура абразивного інструменту

Найменування та вид структури	 Закриті або щільні				 Середні					
Номер структури	1	2	3	4	5	6	7	8		
Об'ємний вміст зерен, %	60	58	56	54	52	50	48	46		
Найменування та вид структури	 Відкриті				 Високопористі					
Номер структури	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Об'ємний вміст зерен, %	44	42	40	38	36	34	32	30	28	26

Рекомендації по вибору номера структури абразивного інструменту для

різних видів шліфування приведені у таблиці 7.

Таблиця 7 – Вибір структури шліфувальних кругів

Номер структури шліфувальних кругів	Об'ємний вміст шліф. матеріалу, %	Види шліфування
1	2	3
1 - 3	60 - 56	Шліфування деталей з малим зніманням матеріалу кругами на бакелітовій та керамічній зв'язках. Обробка кулькових підшипників
3, 4	56; 54	Відрізання. Шліфування з великими подачами та змінним навантаженням. Профільне шліфування. Шліфування твердих та крихких матеріалів
5, 6	52; 50	Кругле зовнішнє, безцентрове, плоске периферією круга шліфування металів з високим опором розриву; заточування ріжучого інструменту
7; 8	48; 46	Шліфування в'язких металів з низьким опором розриву. Внутрішнє шліфування; плоске шліфування торцем круга; шліфування твердосплавного інструмента (матриці, волокни)
9 - 12	44 -38	Швидкісне шліфування. Профільне шліфування мілко зернистими кругами. Шліфування різьби. Шліфування зі зменшеним тепловиділенням у зоні різання.
14 - 16	34 - 30	Шліфування неметалевих матеріалів, металів зі зниженою теплопровідністю (усунення опіків та тріщин)

Для обдирного шліфування при зніманні значного припуску (при попередній обробці матеріалів з незначним опором розриву) рекомендується використовувати інструменти високих номерів структур.

Абразивні інструменти зернистістю 125-80 зазвичай виготовляють зі структурами 3 та 4, зернистістю 50, 40 – зі структурами 5 та 6, зернистістю 25-12 – зі структурами 6 та 7.

6 Класи точності абразивних інструментів

У залежності від величин, які характеризують абразивний інструмент у нормативно-технічній документації по граничним відхиленням розмірів, форми та розташування, тріщин та раковин, абразивний інструмент випускається

трьох класів точності (шліфувальні круги): АА, А та Б, а інші інструменти – двох класів: А та Б.

Для кругів класу точності Б використовують шліфувальні матеріали зі всіма індексами, що характеризують зміст основної фракції: В, П, Н та Д; для кругів класу точності А – тільки з індексами В, П, Н; для кругів класу точності АА – тільки з індексами В, П, тобто з високим та підвищеним (до 55% при зернистості 200-4) вмістом основної фракції.

7 Класи невірноваженості шліфувальних кругів

Стан шліфувального круга, який характеризується таким розподіленням мас, що під час обертання визиває змінні навантаження на опорах шпинделю верстата та його згин, називають *невірноваженістю круга*. У залежності від допустимих невірноважених мас для шліфувальних кругів на керамічній, бакелітовій, вулканітовій та спеціальних органічних зв'язках встановлено чотири класи невірноваженості шліфувальних кругів, що позначаються цифрами 1, 2, 3 та 4.

Круги класу точності АА повинні відповідати 1-му класу невірноваженості; круги класу точності А – 1-му або 2-му, а круги класу точності Б – 1, 2 або 3-му класу невірноваженості. Клас невірноваженості кругів з ельбору на керамічних зв'язках повинен бути 1-м або 2-м.

8 Форма абразивних інструментів

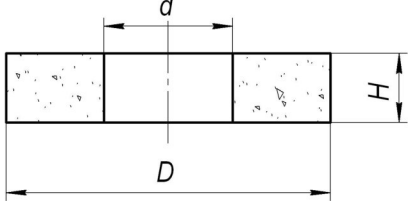
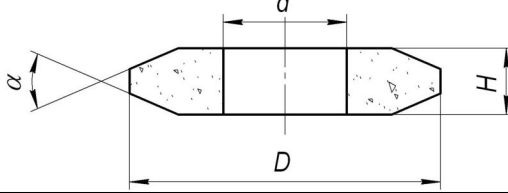
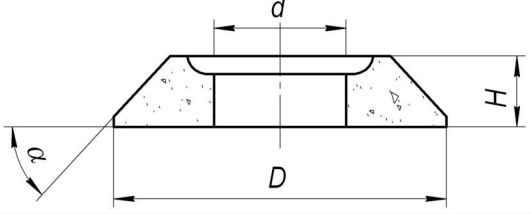
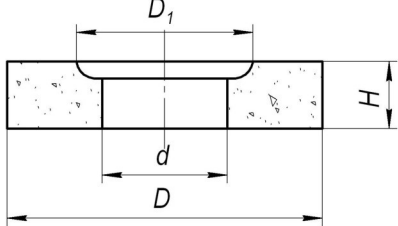
Абразивні круги (голівки, сегменти) виготовляються різноманітних форм і розмірів, вибір яких обумовлений конфігурацією і розмірами оброблюваної деталі, вимогами до оброблюваної поверхні, характером технологічної операції, типом і розміром устаткування. Типи шліфувальних інструментів загального

призначення регламентовані державними стандартами. Крім того, існують галузеві стандарти, згідно яким випускається визначена номенклатура інструмента спеціального призначення. До останнього відносяться: інструмент прецизійний і підвищеної точності, круги, що випускаються для нестатків якої-небудь визначеної галузі промисловості чи окремого підприємства з масовим виробництвом, а також круги нових форм і розмірів.

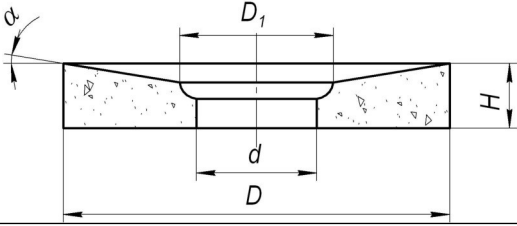
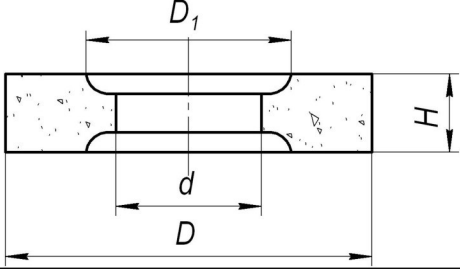
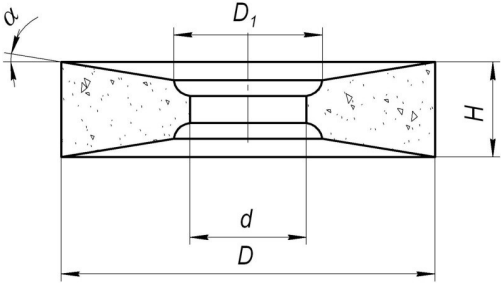
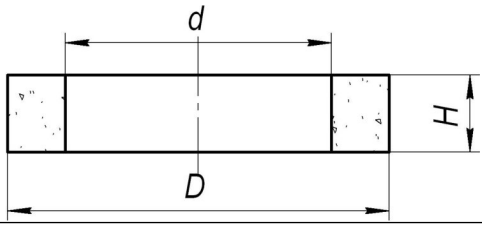
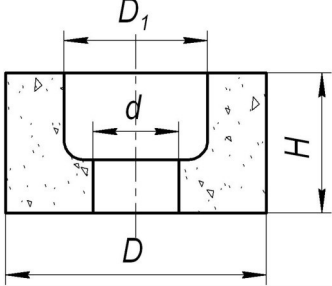
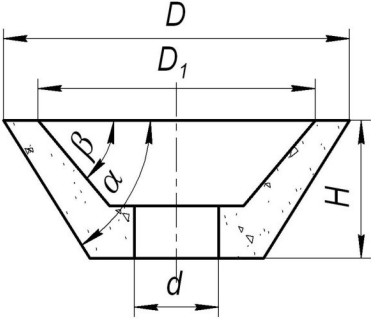
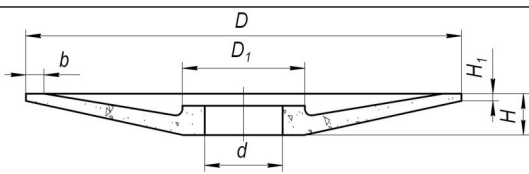
Круги на керамічній, бакелітовій і вулканітовій зв'язках виготовляються двох класів А і Б. До класу А пред'являються більш високі вимоги (табл. 1.11).

У таблиці 8 наведені типи шліфувальних кругів, виготовлених відповідно до ДСТ 2424-75, а у таблиці 9 — область застосування кожного з типів шліфувальних кругів.

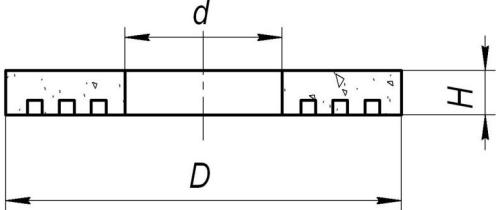
Таблиця 8 – Типи шліфувальних кругів на керамічній, бакелітовій та вулканітовій зв'язках (ДСТ 2424-75)

Вид круга	Тип	Ескіз круга	Граничні розміри, мм
1	2	3	4
Прямого профілю	ПП		D = 3 – 1060 H = 1 – 250 d = 1 – 305
З двостороннім конічним профілем	2П		D = 250 – 500 H = 10 – 32 d = 76 – 203 $\alpha = 40^\circ$ або 60°
З конічним профілем	3П		D = 63 – 500 H = 10 – 50 d = 10 – 203 $\alpha = 10; 15; 18; 20; 35; 45^\circ$
З виточкою	ПВ		D = 10 – 600 H = 13 – 100 d = 3 – 305 D ₁ = 5 – 424

Продовження таблиці 8

1	2	3	4
З конічною виточкою	ПВК		$D = 300 - 750$ $H = 50; 80$ $d = 127 - 305$ $D_1 = 200 - 500$ $\alpha = 10; 15; 20^\circ$
З двосторонньою виточкою	ПВД		$D = 100 - 900$ $H = 25 - 250$ $d = 32 - 305$ $D_1 = 88 - 315$
З двосторонньою конічною виточкою	ПВДК		$D = 750$ $H = 80$ $d = 305$ $D_1 = 500$
Кільцеві	К		$D = 200 - 500$ $H = 80 - 160$ $d = 76 - 400$
Чашкові циліндричні	ЧЦ		$D = 40 - 300$ $H = 25 - 100$ $d = 13 - 127$ $D_1 = 32 - 250$
Чашкові конічні	ЧК		$D = 50 - 300$ $H = 25 - 150$ $d = 13 - 150$ $D_1 = 40 - 230$ $\alpha = 50 - 80^\circ$ $\beta = 45 - 80^\circ$
Тарілчасті	Т; 1Т		$D = 80 - 350$ $H = 8 - 40; H_1 = 2 - 6$ $d = 13 - 127$ $b = 4 - 13$ $D_1 = 30 - 200$

Продовження таблиці 8

1	2	3	4
З запресованими кріпильними елементами	ПН		$D = 400 - 600$ $H = 40 - 80$ $d = 160 - 305$

Таблиця 9 – Область застосування шліфувальних кругів різних профілів

Тип круга	Область застосування
ПП	Кругле зовнішнє шліфування виробів при $D < 1000$ мм. Кругле зовнішнє шліфування отворів при $D \leq 150$ мм. Безцентрове шліфування деталей при $D \leq 600$ мм. Плоске шліфування периферією круга. Заточування інструментів, різьбо-, шліце-, зубошліфування.
ПВ; ПВК; ПВДК; ПВД	Те саме, але з можливістю більш міцного закріплення у фланцях, зменшення площини зіткнення бічної поверхні з буртиками та фланцями виробів, можливістю підрізання торців, буртиків, уступів
ПН	Обдирне шліфування
2П; 3П	Заточування багатолезових інструментів, шліфування зубів шестерень, різьбошліфування
К	Плоске шліфування
ЧЦ; ЧК	Заточування інструментів, плоске шліфування
Т; 1Т	Заточування та доведення передніх граней зубів фрез, заточування черв'ячних фрез, обробка зубів довбачів

Типи шліфувальних голівок, форма та розміри яких регламентується ДСТ 2447-64, широко представлені у довідковій літературі, наприклад [5, табл. 175, с. 258], [3, табл. 14.16, с. 733] або [6, табл. 29, с. 46].

Для виробництва сегментних шліфувальних кругів застосовуються шліфувальні сегменти, типи яких регламентовані ДСТ 2464-67. У [3, табл. 14.16, с. 736] або [7, табл. 1, 14, с. 22], де приведені типи сегментів, їх ескізи та граничні розміри.

9 Маркірування абразивних інструментів

Маркірування абразивних інструментів здійснюється у визначеній послідовності. На торцевій поверхні круга діаметром 250 мм і більш наноситься товарний знак підприємства-виготовлювача, умовна позначка кола і номер маршрутного листа. На крузі діаметром понад 40 до 250 мм маркірується товарний

знак підприємства-виготовлювача, марка шліфувального матеріалу, зернистість, ступінь твердості, структура, марка зв'язки (крім кругів діаметром 40...60 мм), що допускається окружна швидкість і клас точності. Для кругів діаметром менш 40 мм маркірування наноситься на пакувальну чи коробку пакет з кругами.

Усі характеристики абразивного інструмента позначаються умовними знаками у визначеній послідовності.

Наприклад, на торці круга мається позначення:

ПП 500х50х305 24А 32 С2 7 К5 35 м/с 1 кл. А ГОСТ 2424—75,

що розшифровується так: ПП – форма круга (плоский прямого профілю); 500х50х305 – розміри (зовнішнього діаметра, висоти, внутрішнього діаметра); 24А – марка абразивного матеріалу (електрокорунд білий); 32 – номер зернистості; С2 – ступінь твердості (середня друга); 7 – номер структури (середня), К5 – вид зв'язки (керамічна, 5-й різновид), 1 кл – клас неврівноваженості круга; А – клас точності круга; 35 м/с – допустима окружна швидкість.

Шліфувальні круги, призначені для швидкісного шліфування, мають червону діаметральну смугу і позначення 50 м/с.

Усі шліфувальні круги поставляються заводами-виготовителями збалансованими.

Оскільки багато довідників та інша навчальна література містить старі позначення характеристик шліфувальних кругів, головок та сегментів, приведемо нижче їх позначення у відповідності до нових діючих стандартів.

Шліфувальні круги:

- 1(ПП) – прямого профілю;
- 2(К) – кільцеві;
- 3(ЗП) – з конічним профілем;
- 4 (2П) – з двостороннім конічним профілем;
- 5(ПВ) – з односторонньою виточкою;
- 6(ЧЦ) – чашкові циліндричні;
- 7(ПВД) – з двома виточками;

- 11(ЧК) – чашкові конічні;
- 35(ПН) – прямого профілю, що працюють торцем;
- 36(ПН) – з запресованими кріпильними елементами;
- 37(ПН) – кільцеві з запресованими кріпильними елементами;
- 40(ПНР) – з запресованими кріпильними елементами рифлені;
- 41(Д) – відрізні плоскі;
- 42 – відрізні з втопленим центром.

Сегменти:

- СП – прямокутні;
- 1С – випукло-увігнуті;
- 2С – увігнуто-випуклі;
- 3С – випукло-плоскі;
- 4С – плоско-випуклі;
- 5С – трапецієвидні;
- 6С – спеціальні для шліфування підлоги;
- 7С, 8С, 10С, 11С – спеціальні;
- 9С – спеціальні для елементів шліфування рейок.

Розміри:

- D – зовнішній діаметр;
- T – висота;
- H – діаметр отвору.

Шліфувальний матеріал:

- 14А – електрокорунд нормальний;
- 24А, 25А – електрокорунд білий;
- 53С, 54С – карбід кремнію чорний;
- 63С, 64С – карбід кремнію зелений.

Зернистість ДСТУ 52381:2005 (до 01.07.2006 по ГОСТ 3647). Порівняльна характеристика зернистості шліфувальних кругів представлена у таблиці 10.

Таблиця 10 – Порівняння позначень зернистості шліфувального круга

Крупна	Середня	Дрібна	Тонка
ДСТ 52381-2005 (ГОСТ 3647)			ГОСТ 3647
F4	F36 (50)	F100 (12)	M63
F5	F40	F120 (10)	M50
F6	F46 (40)	F150 (8)	M40
F7	F54 (32)	F180 (6)	M28
F8	F60 (25)	F220 (5)	M20
F10 (200)	F70 (20)		M14
F12 (160)	F80		M10
F14	F90 (16)		M7
F16 (125)			M5
F20 (100)			
F22			
F24 (80)			
F30 (63)			

Вміст основної фракції у зерні: Н - нормальне; П - підвищене

Твердість шліфувальних кругів представлена у таблиці 11.

Таблиця 11 – Порівняння позначень твердості шліфувальних кругів

М'які	Середньом'які	Середні	Середньо-тверді	Тверді	Вельми тверді	Надзвичайно тверді
ДСТУ з 01.01.2008 52587-2006 (ДСТУ 18118 с 01.01.2008 г.)						
F (BM1)	K (CM1)	M (C1)	O (CT1)	R (T1)	T, U (BT)	V W X Y Z (CT)
G (BM2)	L (CM2)	N (C2)	P (CT2)	S (T2)		
H (M1)			Q (CT3)			
I (M2)						
J (M3)						

Структура:

1; 2; 3; 4 – щільна;

5; 6; 7 – середня;

8; 9; 10 – відкрита;

11; 12 – високопориста.

Зв'язка:

B (Б) – бакелітова;

BF (БУ) – бакелітова зі зміцненням;

B4 (Б4) – бакелітова з графітовим наповнювачем;

V (К) – керамічна;

R (В) – вулканітові.

Клас точності (по ГОСТ 2424-83 до 01.01.2008г.) - АА; А; Б.

Клас невірноваженості – 1; 2; 3; 4.

Наявність зміцнюючих елементів - F (У)

Приклад умовного позначення шліфувального круга:

1-150x20x32 14A F36 CT2 5 Б У 63м/с А 2кл. ГОСТ 2424-83 до 01.01.2008г

1-150x20x32 14A F36 Р F 5 В 63м/с 2 ГОСТ 2424 с 01.01.2008г.

Маркірування по ГОСТ 2424-83 діє до 01.01.2008р.

1	150x20x32	14A	F36	CT2	5	Б	У	63 м/с	А	2 кл.	ГОСТ 2424-83
Тип	Розміри	Шліфувальний матеріал	Зернистість	Твердість	Структура	Зв'язка	Наявність зміцнюючих елементів	Робоча швидкість, м/с	Клас точності	Клас невірноваженості	Позначення НТД
1	150x20x32	14A	F36	Р	5	В	F	63 м/с		2 кл.	ГОСТ 2424

Маркірування у відповідності до нової редакції ГОСТ 2424 з 01.01.2008р.

ЗАВДАННЯ

Для заданих умов обробки (таблиця 12) вибрати форму і розміри шліфувального круга, марку абразивного матеріалу, зернистість, ступінь твердості, номер структури, тип зв'язки, клас точності виготовлення абразивного інструменту, клас дисбалансу і припустиму окружну швидкість.

Дати умовне позначення обраного круга.

Таблиця 12 – Вихідні дані

Но- мер варі- анту	Тип обробки	Розміри по- верхні (діа- метр або ви- сота) до об- робки, мм	Розміри по- верхні після обробки, мм	Шорсткість поверхні пі- сля обробки Ra, мкм	Матері- ал	Механіч- ні влас- тивості HRC
1	2	3	4	5	6	7
1	Кругле зовніш- нє шліфування	60,5	60	1,6	9XC	58
2	Шліфування площини пе- риферією круга	38,4	38	1,25	40XC	50
3	Шліфування отвору деталі	52,8	52	1,25	ШХ15	54
4	Шліфування площини тор- цем круга	25,4	25	1,25	12ХН3А	45
5	Заточування інструменту	44,2	44	0,32	У8А	58
6	Кругле зовніш- нє шліфування	32,5	32	0,8	Сталь 50	50
7	Шліфування площини пе- риферією круга	52,8	52	0,63	В2Ф	58
8	Шліфування отвору деталі	70,7	70	1,6	65Г	45
9	Шліфування площини тор- цем круга	32,5	32	0,8	Сталь 50	50
10	Заточування інструменту	52,7	50	0,16	Р9К10	62

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. На які групи поділяються абразивні матеріали? Приведіть приклади матеріалів, які відносяться до кожної з груп.
2. Галузі застосування абразивних матеріалів?
3. Чим визначається зернистість абразивних матеріалів?
4. Які види фракцій ви знаєте? Охарактеризуйте кожен з них.
5. Які групи зернистості ви знаєте?
6. Як застосовуються абразивні матеріали залежно від їх зернистості?
7. Як визначається зернистість алмазних та інших синтетичних надтвердих матеріалів?
8. На які групи поділяються зв'язки абразивного та алмазного інструменту? Охарактеризуйте кожен з них.
9. Назвіть особливості застосування кожної з груп зв'язок.
10. Дайте визначення твердості абразивного інструменту? Що є її показником?
11. Як впливає твердість абразивного інструменту на якість оброблюваної поверхні?
12. Які ступені твердості абразивних інструментів ви знаєте?
13. Що називається структурою круга та які види структур ви знаєте?
14. Область застосування різних видів структур.
15. Класи точності абразивних інструментів.
16. Класи неврівноваженості шліфувальних кругів.
17. Які типи шліфувальних кругів ви знаєте? Назвіть області їх застосування.
18. У якій послідовності маркуються абразивні інструменти? Приведіть приклади.
19. Порівняння старих та нових позначень маркування абразивного інструменту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Инструментальные материалы. Мойсеенко О.И., Чкалова О.Н. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 196 с.
2. Геллер Ю. А. Инструментальные стали. – М.: Металлургия, 1975. – 568 с.
3. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. Ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.: ил.
4. Барсов А.И. Технология инструментального производства. Учебник для машиностроительных техникумов. Изд. 4-е, исправленное и дополненное. М., «Машиностроение», 1975. – 272 с., с ил.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.
6. Кащук В.А., Верещагин А.Б. Справочник шлифовщика. – М.: Машиностроение, 1988. – 480 с.: ли. – (Серия справочников для рабочих).
7. Справочник шлифовщика. / Л.М. Кожуро, А.А. Панов, Э.И. Ремизовский, П.С. Чистосердов; / Под общ. ред. П.С. Чистосердова. – Мн.: Выш. школа, 1981. – 287 с., ил.
8. Отделочно-абразивные методы обработки: Справ. пособие / Л.М. Кожуро, А.А. Панов, Э.Б. Пономарева, П.С. Чистосердов; / Под общ. ред. П.С. Чистосердова. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 287 с., ил.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до практичного заняття №6 «Вибір характеристик шліфувальних кругів та їх маркірування» з дисципліни «Інструментальні матеріали» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 Прикладна механіка (освітньо-професійна програма «Прикладна механіка») усіх форм навчання. / Укладачі: Музичка Д.Г. – Кам'янське, ДДТУ. – 2021р. - 31 стор.

Укладачі: Музичка Діана Геннадіївна

Підписано до друку – 21.10.2021р. Формат – А4
Обсяг – 1,36 друк. арк. Тираж – 50 екз. Замовлення – 241
51918, м. Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2