

Міністерство освіти і науки України
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних занять з дисципліни
“Сучасні методи обробки матеріалів ”
для студентів спеціальності 015.13 «Професійна освіта.
Метрологія, стандартизація, сертифікація»

Затверджено методичною
радою університету,
протокол № від 2018 р.

Харків 2018

Віддруковано видавництвом
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Укладач БАЙЦУР Максим Вячеславович

Кафедра технології машинобудування і ремонту машин

Мета лабораторних робіт – закріплення та доповнення теоретичних знань, отриманих на лекціях студентами, застосування цих знань для вирішення конкретних практичних задач, прищеплення навичок самостійного прийняття рішень та виконання необхідних розрахунків, навчання користуванню довідниковими матеріалами.

Використання методичних вказівок у навчальному процесі має сприяти розвитку технічного мислення студентів, стимулювати їх активність та самостійну роботу.

Методичні вказівки для кожного з лабораторних занять містять: мету заняття, завдання, короткі теоретичні відомості, контрольні запитання з теми.

Перед кожним лабораторним заняттям студент повинен підготувати теоретичний матеріал до заняття, поданий в коротких теоретичних відомостях.

Лабораторна робота 1

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ ОСТАТОЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

Мета роботи – освоїти операцію остаточної обробки робочої поверхні деталей типу гільза.

Устаткування, прилади та інструмент

1. Верстат вертикально-хонінгувальний моделі 3Б833 із приладдям.
2. Голівка хонінгувальна.
3. Пристосування спеціальне для установки і кріплення гільзи циліндрів.
4. Комплект брусків абразивних зернистістю М40 для попереднього і М28 для остаточного хонінгування за ГОСТ 2456-82 (довжина брусків 150 мм).
5. Мікрометр з діапазоном виміру 100–125 мм (МК 125-1 ГОСТ 6507-90).
6. Нутромір індикаторний з діапазоном виміру 100-160 мм 1-го класу точності (НИ 100-160-1 ГОСТ 868-82).
7. Штангенциркуль з межами вимірів 0-250 мм і значенням відліку по ноніусу 0,05 мм (ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89).
8. Зразки шорсткості по чавуну $Ra=0,32$ мкм.
9. Секундомір.

Короткі теоретичні положення

Хонінгування є завершальною операцією обробки робочої поверхні гільзи циліндра при виготовленні. Основне призначення хонінгування – зменшити параметр шорсткості поверхні після розточування до значення $Ra= 0,63-0,32$ мкм при збереженні мікротвердості і структури поверхневого шару. Крім того, підвищується точність форми і розмірів (ІТ6–ІТ8), а також несуча здатність і залишкові стискаючі напруги. Однак у процесі хонінгування не усувають-

ся просторові відхилення положення осі отвору, отримані при попередній операції (розточуванні).

Висока якість робочої поверхні гільзи циліндра, отримана при хонінгуванні, забезпечує необхідні експлуатаційні властивості, істотно зменшуючи знос у період приробляння двигуна, що сприяє підвищенню довговічності деталей циліндро-поршньової групи.

Хонінгуванням обробляють деталі як з чавуна, так і зі сталі.

Параметр шорсткості після хонінгування досягається шляхом зняття припуску, що залишається після розточування, у два прийоми: попереднє й остаточне хонінгування. Для умов масового виробництва це забезпечується відповідно двома операціями, виконаними на окремих верстатах, налаштованих на відповідний режим.

Для умов дрібносерійного чи одиничного виробництва (лабораторна робота) попереднє і остаточне хонінгування виконується на одному верстаті як єдина операція, що містить два відповідних переходи, що відрізняються абразивними брусками і режимом обробки. Припуск для попереднього хонінгування складає 0,05 мм, для остаточного – 0,02 мм.

Для хонінгування чавуна застосовуються бруски шліфувальні за ГОСТ 2456-82, для попереднього – БП 13х15х150 63СМ40 С2-33 7БА, для остаточного – БП 13х15х150 63М28 С2-33 7БА, різниця між якими у зернистості.

Для остаточного хонінгування зернистість менше. У позначенні брусків враховується ширина, висота і довжина в мм, матеріал - карбід кремнію зелений марки 63С, зернистість М-40 чи М-28, ступінь твердості С2, звуковий індекс 33, номер структури 7, вид зв'язки Б (бакелітова), клас точності А. Останнім часом стали широко використовуватися алмазні бруски, що мають стійкість у 100-200 разів більше.

Шліфувальні бруски розміщуються в хонінгувальній голівці. Процес обробки починається зі швидкого висування брусків до торкання з поверхнею отвору після введення в нього інструмента, потім виробляється подача брусків з малим радіальним тиском 0,2–0,4 МПа для обробки протягом 2–3 с і подача з тиском 1,2–1,5 МПа для зняття припуску, що залишився; швидкий відвід брусків перед висуванням інструмента з отвору. Для остаточного хонінгування наприкінці циклу робиться виходжування при тиску 0,2–0,4 МПа.

При обробці тонкостінних деталей, якою є гільза циліндрів, тиск брусків забезпечується їх радіальною подачею.

У процесі обробки хонінгувальна голівка робить обертальний і зворотно-поступальний рухи, у результаті яких на обробленій поверхні абразивними зернами утворюються подряпини, спрямовані під кутом до утворюючої поверхні (рис. 1.1).

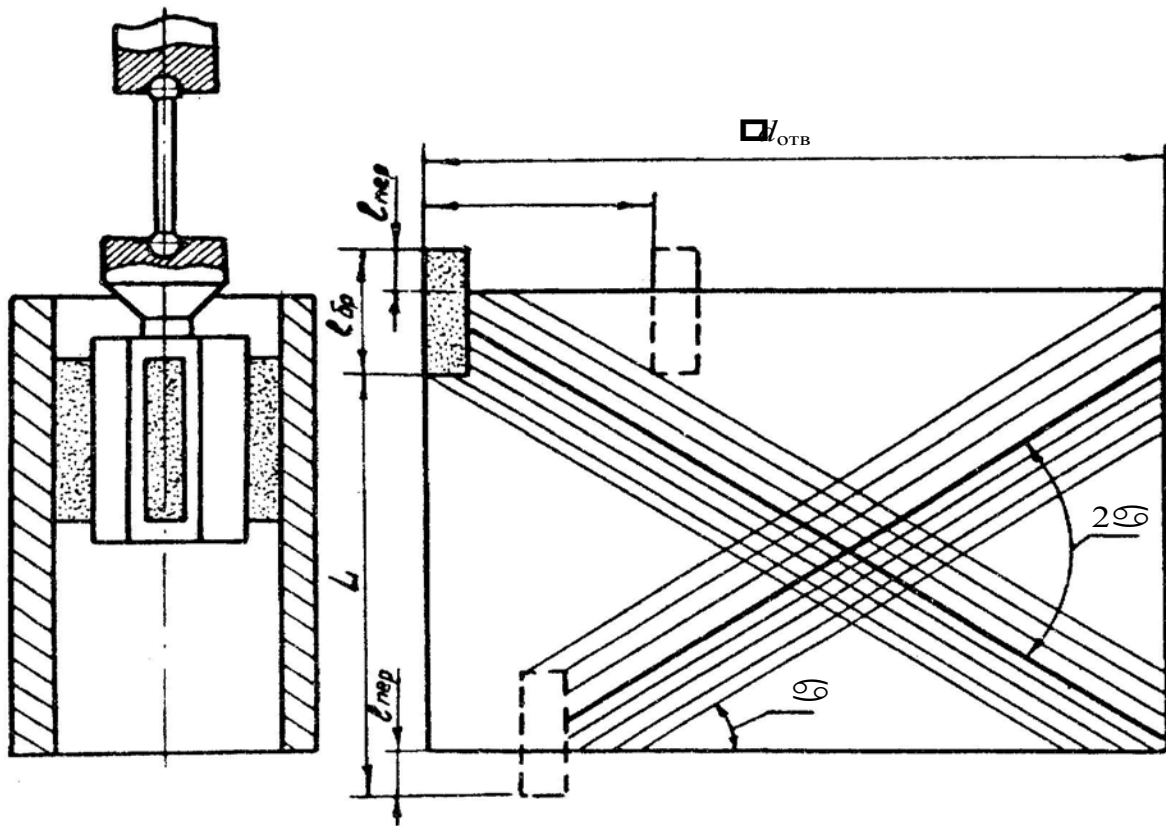


Рисунок 1.1. Схема обробки внутрішньої поверхні деталі

При хонінгуванні в різанні одночасно бере участь велике число абразивних зерен, у результаті чого забезпечується висока продуктивність, низькі тиск і температура в зоні різання і, як наслідок, збереження вихідної структури поверхневого шару. Бруски працюють в умовах самозагострювання і не вимагають виправлення.

Режим хонінгування встановлюється вибором швидкості зворотно-поступального руху голівки, що визначається ходом хонінгувальної голівки і числом подвійних ходів. Хід хонінгувальної голівки

$$H = L + 2l_{пер} - l_{бр} , \quad (1.1)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_{\text{бр}}$ – довжина абразивного бруска, мм;

$l_{\text{пер}}$ – величина перебігу брусків, мм; (рекомендується приймати рівною $1/3 l_{\text{бр}}$, збільшення веде до сідлоподібності, а зменшення – до бочкоподібності отвору).

Швидкість зворотно-поступального руху $V_{\text{зп}}$ залежить від величини ходу. При значенні ходу в межах 100–150 мм рекомендується величина $V_{\text{зп}} = 12–16$ м/хв.

Число подвійних ходів голівки за хвилину

$$n_{\text{п.х}} = 1000 V_{\text{зп}} / 2H, \text{ п.х/хв.} \quad (1.2)$$

Окружна швидкість обертання визначається відношенням швидкості обертання до швидкості зворотно-поступального руху, що рекомендується для чавуна

$$\omega = V_{\text{об}} / V_{\text{зп}}, \quad (1.3)$$

для попереднього хонінгування $\omega = 3–6$; для остаточного хонінгування – $\omega = 4–10$.

Значення окружної швидкості для чавуна рекомендується вибирати в межах 60...75 м/хв, для сталі – 40...50 м/хв. Основний час на перехід – T_o , необхідне для видалення призначеного припуску Z

$$T_o = \frac{Z}{t \cdot n_{\text{п.х}}}, \text{ хв,} \quad (1.4)$$

де t – величина поперечної (радіальної) подачі брусків на один подвійний хід голівки, $t = 0,0001$ мм/п.хід.

Виконується операція на хонінгувальному верстаті 3Б833, що має наступні характеристики (табл. 1.1).

Процес хонінгування відбувається при постійній подачі мастильно-охолодної рідини (МОР). Для чавуна в якості МОР застосовують гас з додаванням 10-20% оливи індустріальної.

Таблиця 1.1 – Параметри хонінгувального верстата

	Назва параметра	Значення
1	Діаметр хонінгування, мм	76-145
2	Хід хонінгувальної головки, мм	450 (max)
3	Окружна швидкість обертання шпинделя, м/хв	60-75
4	Швидкість зворотно-поступального руху голівки, м/хв	8-12
5	Виступання шпинделя, мм	300
	Величина поперечної (радіальної) подачі брусків на один подвійний хід головки, мм	0,0001

Порядок виконання роботи

1. Штангенциркулем зробити вимір внутрішнього діаметра гільзи циліндра, що підлягає хонінгуванню після розточування.

2. Настроїти індикаторний нутромір на отриманий розмір і зробити точний вимір діаметра отвору в трьох поперечних перетинах (зверху, знизу, посередині) у двох взаємоперпендикулярних напрямках та оцінити відхилення форми гільзи від циліндричності.

3. Призначити параметри режиму обробки згідно з паспортними даними верстата і розрахунками та внести їх у таблицю 1.2. Величину припуску на хонінгування визначити на підставі фактичного виміру діаметра гільзи після операції розточування.

4. Ознайомитися з побудовою і керуванням верстата ЗБ833.

5. Установити гільзу в пристосування і закріпити.

6. Зробити хонінгування внутрішньої поверхні гільзи під наглядом навчального майстра, зафіксувати час пуску і вимикання верстата на кожному переході. Порівняти фактичну і розрахункову величини машинного (основного) часу T_0 .

7. Зняти гільзу і зробити вимір діаметра отвору згідно п.2, визначити відхилення форми і відповідність технічним вимогам.

8. Порівняти шорсткість обробленої поверхні зі зразком шорсткості для чавуна $Ra = 0,32$ мкм. Зробити висновок.

Таблиця 1.2 – Параметри режимів хонінгування

Обробка	$V_{вр}$, м/хв	$V_{вп}$, м/хв	L , мм	H , мм	$n_{дв.х}$, дв.х/хв	t , мм/дв.х	Z , мм	$T_{о,хв}$	
								роз.	факт.
Попередня									
Остаточна									

Зміст звіту

Звіт має містити:

- характеристику об'єкта хонінгування і застосовуваного устаткування, пристосувань, інструмента;
- таблицю розрахункових величин, їхнє обґрунтування і призначення;
- вихідні і кінцеві значення розміру оброблюваного отвору.

Контрольні запитання

1. Призначення операції хонінгування робочої поверхні гільзи циліндра?
2. Конструктивні особливості основних елементів верстата для виконання операції хонінгування?
3. Послідовність дій при призначенні режиму хонінгування, основні параметри режиму?
4. Засоби контролю якості хонінгування й обробленої поверхні?

Лабораторна робота 2

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ РІЗАННЯМ

Мета роботи – освоєння методики аналітичного розрахунку припусків для токарської обробки зовнішньої циліндричної поверхні. Освоєння аналітичного розрахунку припусків при послідовній обробці плоских протилежних поверхонь з досягненням точності і шорсткості, заданих кресленням.

Устаткування, прилади, приладдя та інструмент

1. Верстат токарно-гвинторізний 1К62. Верстат універсально-фрезерний мод. 6Р82Ш.

2. Сталева циліндрична заготовка з сортового прокату звичайної точності прокати. Матеріал заготовки – Сталь 45 гарячекатана, що має $\sigma_s = 600$ МПа, $HB = 240$ МПа.

3. Різальний інструмент – різець прохідний Т15К6 з кутом різальної кромки $\varphi = 45^\circ$, фреза циліндрична Р6М5.

4. Тиски машинні.

5. Вимірювальний інструмент – мікрометр МК 50–1 ГОСТ 6507-90, штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89, металева лінійка.

Короткі теоретичні положення

Розробка технологічного процесу механічної обробки починається з вибору технологічних настановних баз і плану механічної обробки та вирішення питання про число чорнових і чистових переходів.

Припуск на обробку характеризує величину слою матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки в процесі її обробки з метою забезпечення заданої якості. Так як повна обробка поверхні складається з окремих переходів, то розрізняють припуски проміжні (попереходні) і загальні (на всю обробку даної поверхні). Припуски необхідні для компенсації погрешностей, що виникають у процесі попереднього і виконуваного переходів технологічного процесу виготовлення деталей. Розрізняють припуски мінімальні, максимальні, номінальні (розрахункові).

Для наочності і зручності розрахунків розташування припусків і допусків поверхні зображуються графічно у вигляді схеми. При токарській обробці симетричної деталі, схему розташовують з однієї сторони від осі симетрії вала (рис. 2.1).

Якщо розглядається послідовна обробка протилежних площин, то на схемі зображується розташування припусків і допусків на загальних площинах і відзначаються базові поверхні для кожного переходу (рис. 2.2).

Знаючи послідовність технологічних переходів, можна розрахувати припуск на механічну обробку. Розрахунок ведеться по мінімальному припуску.

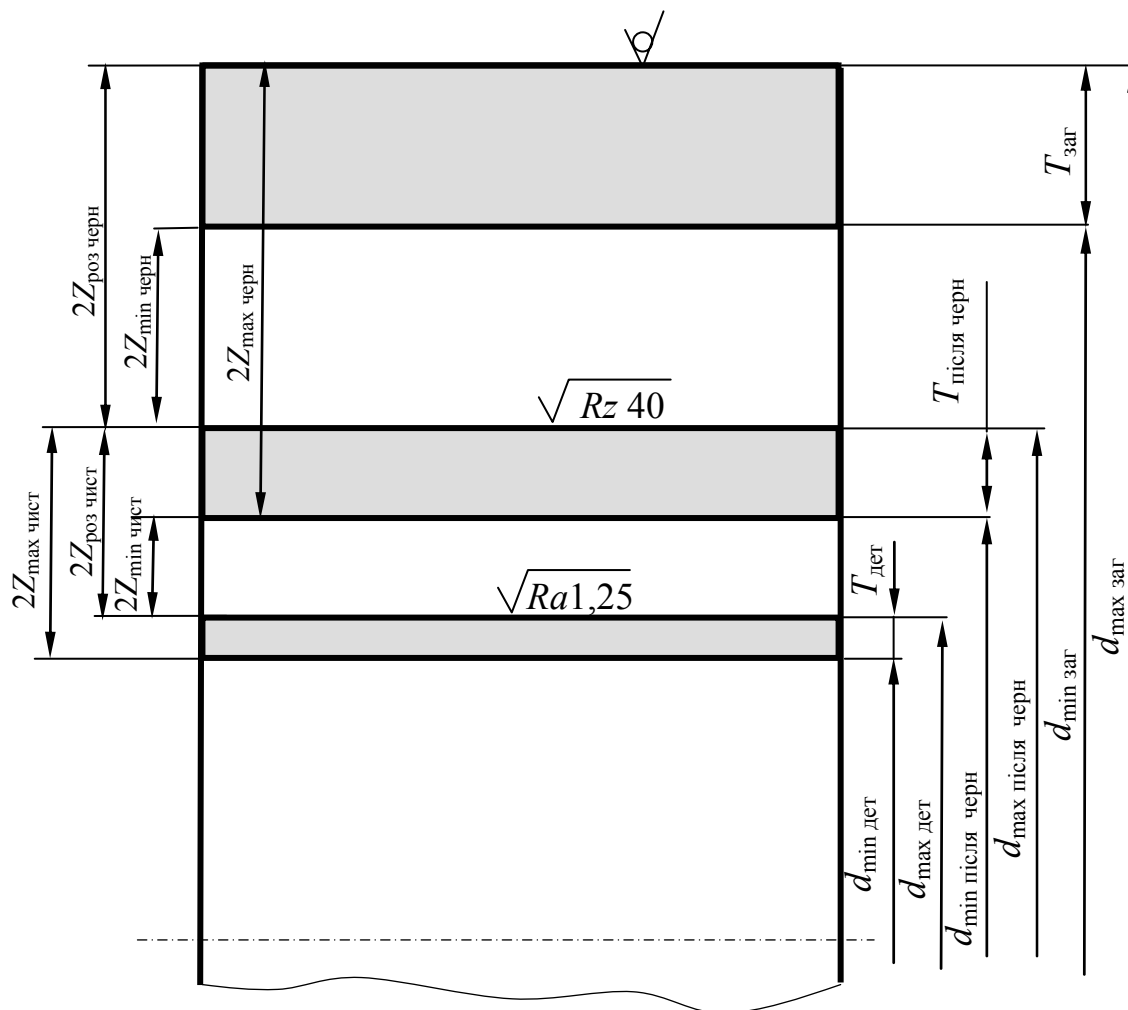


Рисунок 2.1 - Схема розташування припусків і допусків деталі при токарській обробці

Величину мінімального припуску для зовнішньої циліндричної поверхні визначають по формулі

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2}), \quad (2.1)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота мікронерівностей на попередньому переході;
 h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході;
 ρ_{i-1} – сумарне значення просторових відхилень оброблюваної поверхні заготовки на попередньому переході.

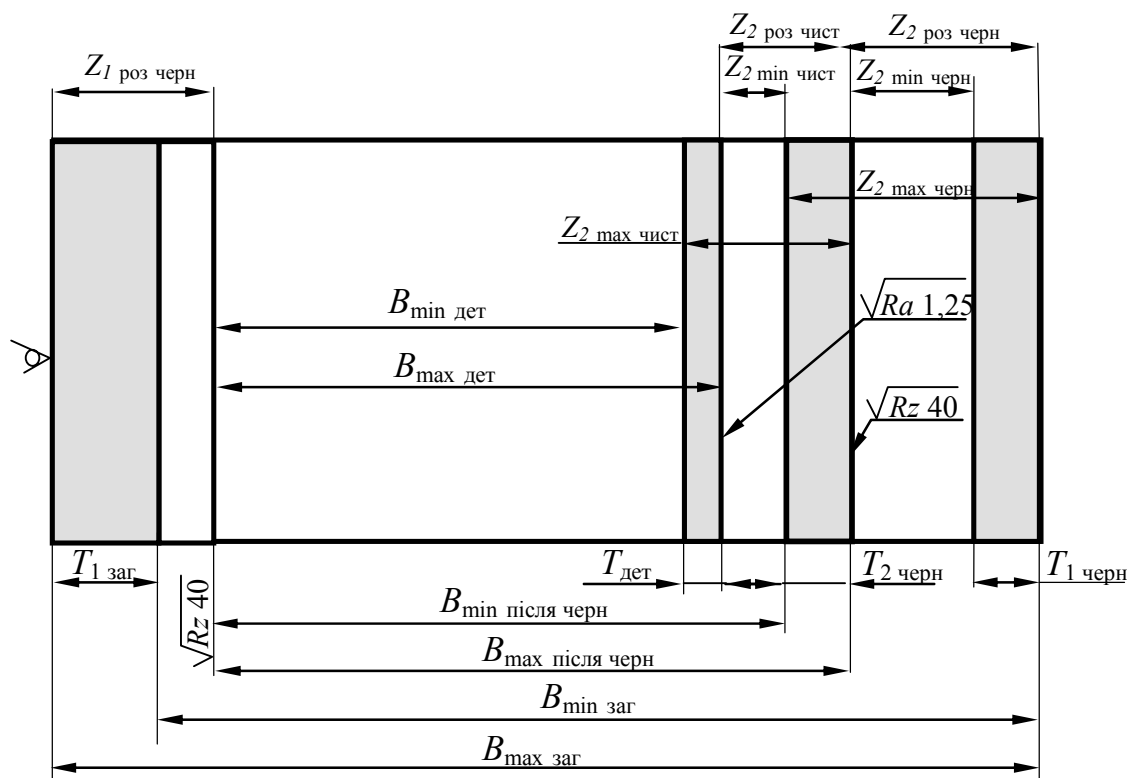


Рисунок 2.2 - Схема розташування припусків і допусків деталі при фрезеруванні

При послідовній обробці плоских поверхонь величина мінімального припуску для даного переходу визначається по формулі

$$Z_{i_{\min}} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + E_i, \quad (2.2)$$

де E_i – похибка вивірки заготовки при встановленні на виконуваному переході.

При обробці зовнішньої циліндричної поверхні з установкою в центрах похибку установки E_i приймають рівною 0, тому що похибка базування в радіальному напрямку при установці в центрах відсутня, а похибка закріплення при підтисканні заднім центром відбивається тільки на осьових розмірах, а не на діаметральних, для яких розраховують припуски.

При закріпленні заготовки у пристосуванні тисочного типу за тискна сила спрямована паралельно опорній поверхні, що базує, і викликає поворот заготовки. Метод застосовується для заготовок, що мають найбільшу ширину. Тому похибка установки може бути знайдена по формулі

$$E_i = \alpha \cdot B, \quad (2.3)$$

де B – ширина заготовки, мм.

Коефіцієнт α варто приймати в залежності від характеру поверхонь, що сприймають затискну силу. Для чорнових поверхонь $\alpha = 17,5$. На наступних переходах у цій же установці залишкова похибка закріплення настільки мала, що нею можна зневажити, тому при визначенні припуску на чорнове фрезерування її величина приймається рівною 0.

При визначенні припуску для чорнового переходу у формулі (2) величина ρ_{i-1} визначається, як сумарне значення просторових відхилень заготовки

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{КОзаг}^2 + \rho_y^2}, \quad (2.4)$$

де $\rho_{КОзаг}$ – загальна кривизна заготовки;

ρ_y – величина зсуву осі заготовки в результаті похибки центрування.

Величина $\rho_{КОзаг}$ для гарячекатаного прокату обчислюється по формулі

$$\rho_{КОзаг} = \Delta K \cdot L, \text{ мкм} \quad (2.5)$$

де ΔK – питома кривизна заготовки, мкм/мм;

L – загальна довжина заготовки в мм, визначають по кресленню заготовки.

Величина ρ_y визначається в мкм по формулі

$$\rho_y = 0,25 \cdot \sqrt{T^2 + 1}, \quad (2.6)$$

де T – допуск на діаметр базової поверхні заготовки, використаної при центруванні, мкм.

При визначенні припуску для наступних переходів величину залишкових просторових відхилень визначають по формулі

$$\rho_{\text{черн}} = K_y \cdot \rho_{\text{заг}}, \quad (2.7)$$

де $\rho_{\text{заг}}$ – значення просторових відхилень заготовки, знайдене раніше по формулі (2.4);

K_y – коефіцієнт уточнення визначається з табл. 5 додатків.

При визначенні припуску для чорнового переходу операції фрезерування величина ρ_{i-1} визначається

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta \cdot L/2, \quad (2.8)$$

де Δ – величина питомого короблення.

При визначенні припуску на чистове фрезерування величина залишкових просторових відхилень $\rho_{\text{черн}}$ приймається рівною 0,06 від $\rho_{\text{заг}}$.

Значення максимальних і розрахункових (номінальних) припусків відповідно для кожного переходу визначають по формулах

$$Z_{\text{max черн.}} = Z_{\text{min черн.}} + T_{\text{заг}} + T_{\text{після черн.}}; \quad (2.9)$$

$$Z_{\text{max чист.}} = Z_{\text{min чист.}} + T_{\text{дет.}} + T_{\text{після черн.}}; \quad (2.10)$$

$$Z_{\text{роз. черн.}} = Z_{\text{min черн.}} + T_{\text{заг}}; \quad (2.11)$$

$$Z_{\text{роз. чист.}} = Z_{\text{min чист.}} + T_{\text{після черн.}} \quad (2.12)$$

Припуск на сторону при токарській обробці в два рази менше, ніж розрахований по формулах.

Проміжні розміри обробки і подовжні розміри заготовки визначають послідовним додатком припусків і допусків до граничних розмірів готової деталі за кресленням.

Глибина різання для кожного переходу призначається відповідно до величини розрахункового припуску $Z_{i \text{ роз.}}$ з округленням до десятих часток міліметрів у більшу сторону.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з методикою розрахунку припусків.
2. Виконати креслення деталі з позначенням усіх параметрів. Параметри оброблюваної поверхні надаються викладачем.
3. Обчислити мінімальні припуски $Z_{i\min}$ для кожного переходу послідовно згідно даних методичних вказівок. Значення величин $R_{z_{i-1}}$ і h_{i-1} вибираються з таблиці, що надається викладачем.
4. Розрахувати аналітичним методом максимальні і розрахункові припуски по переходах. Значення величини допусків $T_{\text{заг}}$ (допуск заготовки) і $T_{\text{черн}}$ (допуск, отриманий після чорнового переходу) визначають по таблицях, а допуск готової деталі $T_{\text{дет}}$ вибирається відповідно для вала з полем допуску $h11$.
5. Визначити граничні розміри по переходах і граничні розміри заготовок. Після визначення розміру заготовки необхідно порівняти отриманий результат зі стандартними розмірами прокату і прийняти розмір, що визначається діючим стандартом.
6. Виконати ескіз заготовки.
7. Накреслити схему розташування припусків і допусків, представивши дійсні розміри, отримані розрахунком.

Зміст звіту

- Звіт має містити:
- теоретичні основи розрахунку припусків;
 - креслення деталі;
 - розрахунок припусків і схему розташування припусків і допусків;
 - ескізи заготовки;
 - висновки по лабораторній роботі.

Контрольні запитання

1. Що називається припуском на обробку?
2. Що називається основним технологічним часом обробки?
3. Яка послідовність розрахунку припусків?

4. З яких величин складається мінімальний припуск на обробку поверхні?
5. Як визначається в лабораторній роботі глибина обробки?

Лабораторна робота 3

АВТОМАТИЧНЕ ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ

Мета роботи – отримання навиків вибору та розрахунків параметрів процесу автоматичного зварювання поверхонь.

Завдання

За даними креслення, що надається викладачем, виходячи з діаметру і товщини деталей, що зварюються, необхідно:

1. Розрахувати необхідну товщину проплавлення металу, що забезпечує повне якісне зварювання деталей за один прохід.
2. Призначити діаметр, марку дроту і флюс, що забезпечують необхідні властивості зварного шва.
3. Розрахувати параметри процесу зварювання.

Короткі теоретичні відомості

У сучасному машинобудуванні технологічні операції дугового зварювання відносяться до одних з найбільш розповсюджених, а в ряді галузей (у суднобудуванні, важкому та транспортному машинобудуванні) дугове зварювання займає чільне положення. Сьогодні основним видом дугового зварювання є напівавтоматичне, зварювання електродом, що плавиться, у середовищі захисних газів. Автоматизація цього виду зварювання дозволяє виключити важку і шкідливу працю зварників, підвищити ефективність виробництва та якість зварених виробів.

Для автоматичного зварювання деталей застосовуються різні автомати дугового зварювання електродом, що плавиться. Вони призначені для зварювання виробів з протяжними прямолінійними та кільцевими швами, виконуваними в нижньому положенні.

Для зварювання швів складної просторової конфігурації в умовах багатомітенклатурного серійного і дрібносерійного виробництва застосовуються зварювальні роботи.

Промислові роботи (ПР) дугового зварювання мають різне конструктивне виконання, їхні маніпулятори мають, як правило, п'ять-шість ступенів рухливості, які забезпечують усе різноманіття рухів пальника.

Зварювальний комплекс включає автомат зварювання, систему керування, позиціонер і зварювальне устаткування, сполучене з системою керування.

Різноманітні переміщення пальника забезпечуються одночасним рухом зварювального автомата та позиціонера.

Для забезпечення зварювання в найбільш зручному (нижньому) положенні і доступу до усіх швів виробу, що зварюється, зварювальні автомати зазвичай оснащують позиціонерами. Позиціонери виконуються у вигляді одно- або двохкоординатних кантователів, що періодично або беззупинно орієнтують закріпленій на них виріб відносно пальника.

Устаткування, що входить до складу комплексу дугового зварювання, складається з джерела живлення, механізму та шлангів подачі зварювального дроту, системи місцевого керування, системи подачі захисних газів чи флюсу.

У якості джерела зварювального струму застосовується устаткування, розраховане на зварювання електродним дротом діаметром 0,1-3,0 мм у діапазоні струму зварювання 60-350 (500) А та напруги 16-36 (42) В. Сила струму зварювання регулюється за рахунок зміни швидкості подачі дроту.

Для поліпшення формування шва та зниження розбризкування в діапазоні зварювальних струмів 180-280 А може бути використаний імпульсний режим зварювання.

Механізм подачі, здійснює рівномірну подачу електродного дроту до пальника.

Як правило, швидкість і режими автоматичного зварювання практично не відрізняються від аналогічних параметрів при ручному зварюванні з використанням напівавтоматів.

Для автоматичного зварювання використовуються флюси АН-348А и ОСЦ-45, дріт Св-08 і Св-08ГА. При зварюванні в захисному газі використовують дріт Св-08М2С.

Якість швів, отриманих при зварюванні, залежить від правильно обраних режимів цього процесу.

При автоматичному зварюванні під шаром флюсу (рис. 3.1), що безперервно подається в зону плавлення, електрична дуга горить між поверхнею деталі і електродним дротом, який безупинно подається в зону дуги. Плавлення дроту та поверхневого шару деталі створюють зварювальну ванну, надійно захищену від навколишнього повітря шаром розплавленого флюсу.

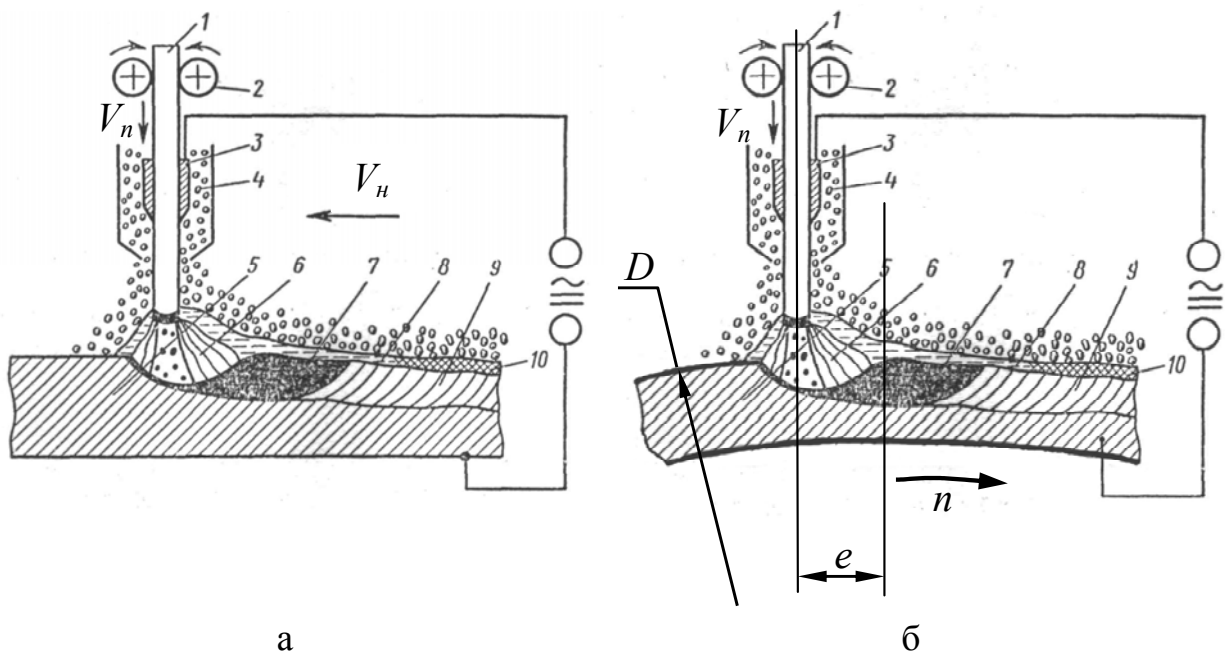


Рисунок 3.1 – Схема автоматичного дугового зварювання під шаром флюсу прямолінійного шва (а) и кільцевого шва (б): 1 – електродний дріт; 2 – валики подавального пристрою; 3 – мундштук; 4 – флюс; 5 – деталі, що зварюються; 6 – дуга; 7 – розплавлений метал; 8 – розплавлений флюс; 9 – зварювальний шов; 10 – кірка

Плавлення флюсу одночасно забезпечує легування наплавленого металу, забезпечуючи йому потрібні експлуатаційні властивості.

При виконанні кільцевих швів для попередження стікання розплавленого металу в процесі наплавлення, зона дуги (вісь електро-

да) зміщується з "зеніту" назустріч обертанню деталі в залежності від діаметра шва.

Використовуючи дріт діаметром від 1,6 до 3,0 мм і варіюючи частоту обертання деталі, крок наплавлення, швидкість подачі дроту, величину струму та напруги, можна забезпечити зварювання деталей за один прохід. Застосування легуючих флюсів і дроту заданого складу забезпечує твердість зварювального шва від 35 до 60 HRC.

Вихідними величинами для призначення параметрів режиму зварювання є діаметр поверхні і товщина металу, що зварюється.

Форма та розміри шва впливають на міцність і працездатність звареного з'єднання, на імовірність утворення пір і тріщин, подрізів, напливів та інших дефектів формування, на витрату зварювальних матеріалів та електроенергії, а також на продуктивність процесу.

Розміри шва і його конфігурація визначаються типом шва та режимом його одержання і призначаються в залежності від конкретної задачі. До основних елементів режиму при зварюванні під флюсом відносяться величина, полярність струму, діаметр електрода, напруга дуги і швидкість її переміщення.

При зварюванні на прямій полярності і збереженні тієї ж сили струму глибина проплавлення практично не змінюється, а кількість електродного металу, що розплавляється, збільшується на 25-35%. Це призводить до збільшення частки наплавленого металу в металі шва. При зварюванні на прямій полярності, при збереженні тієї ж подачі електродного дроту, що й при зварюванні на зворотній полярності, за рахунок сили струму, істотно зменшується глибина проплавлення, а кількість розплавленого електродного металу залишається незмінною. У результаті також підвищується частка наплавленого металу в металі шва.

Форма зварювальної ванни характеризується коефіцієнтом форми проплавлення (рис. 3.2)

$$\psi = \frac{b}{h}, \quad (3.1)$$

де b – ширина зварювальної ванни;
 h – глибина розплавленого шару.

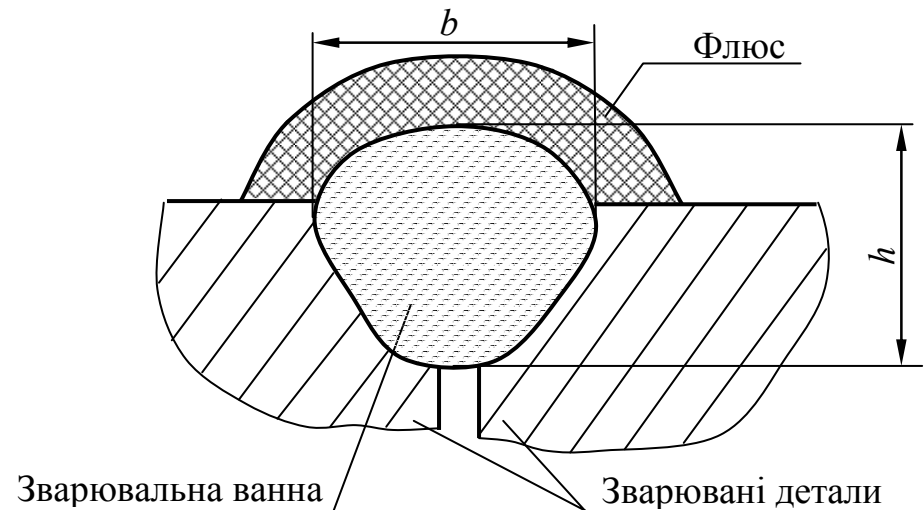


Рисунок 3.2 – Параметри зварювальної ванни

При дуговому зварюванні під флюсом характер джерела теплоти визначає можливість одержання швів з обрисом проплавлення, що наближається до напівеліпса, з коефіцієнтом форми 0,5-0,7. Така форма проплавлення знижує стійкість металу до утворення тріщин, підвищує імовірність утворення непровару. Тому зараз використовують режими, при яких забезпечується форма проплавлення, що наближається до півкола, з коефіцієнтом форми проплавлення від 1,3 до 3. Такі шви мають підвищену стійкість проти тріщин і характеризуються досить плавним переходом від металу шва до основного металу.

Про стійкість металу шва з різним коефіцієнтом форми проплавлення b/h проти тріщин можна судити за графіком, що приведений на рис. 3.3.

Надійність з'єднання основного і наплавленого металу забезпечується при глибині проплавлення в межах 2-5 мм для різних діаметрів зварювального дроту і поверхонь, що зварюються. Для зменшення теплового впливу на поверхню, що зварюється, необхідно прагнути до мінімального проплавлення. Коефіцієнт форми проплавлення визначається величиною струму I і напруги дуги U , а також швидкістю наплавлення V_H .

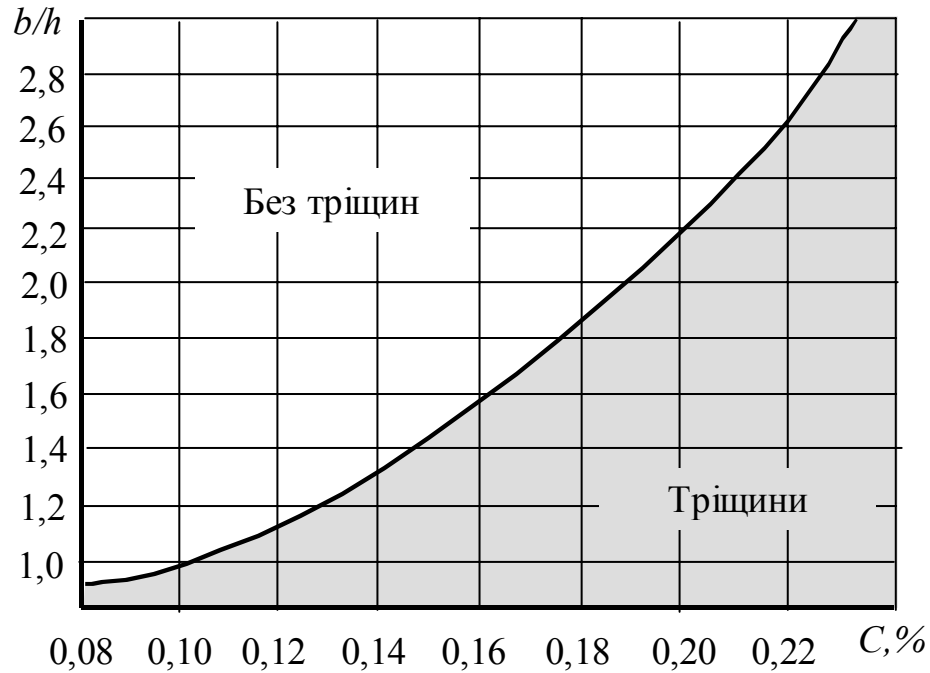


Рисунок 3.3 – Области стійкості зварювального шва до тріщин

Електричні параметри режиму наплавлення призначаються для оптимальних значень розглянутих величин. Величина струму

$$I = \frac{h}{K}, \quad (3.2)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, обумовлений умовами наплавлення (див. табл. 3.1).

Напруга визначається залежністю

$$U = 0,05 \frac{I}{d_3} + 20, \quad (3.3)$$

де d_3 – діаметр електродного дроту, мм.

Кінематичні параметри процесу наплавлення визначають швидкість переміщення зварювальної голівки або частоту обертання поверхонь деталей, що зварюються, у випадку виконання кільцевого шва.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнта пропорційності для різних умов наплавлення

Захисне середовище	Діаметр електродного дроту	Величина коефіцієнта пропорційності		
		Постійний струм		Перемінний струм
		пряма полярність	зворотня полярність	
Флюс ОСЦ-45	До 2,0	1,15	1,45	1,30
	3,0	0,95	1,30	1,15
Флюс АН-348	До 2,0	1,15	1,40	1,25
	3,0	0,95	1,25	1,10
СО ₂	1,2	–	2,10	–
	2,0	–	1,75	–
	1,6	–	1,55	–

Ці параметри визначають, виходячи з обов'язкової умови рівності обсягів зварювальної ванни та витрати дроту за одиницю часу

$$V_H = \frac{0,785 \cdot d_э^2 \cdot V_{п}}{0,5 \cdot h \cdot b} \cdot \eta, \quad (3.4)$$

де $V_{п}$ – швидкість подачі дроту, м/хв;

η – коефіцієнт переносу металу електродного дроту на деталь. Для зварювання в газах і рідинах η має значення 0,85-0,92; під флюсом – 1,0.

$$n = \frac{1000 \cdot V_H}{\pi \cdot D}. \quad (3.5)$$

Швидкість подачі дроту для розрахункових умов визначається діаметром дроту та величиною струму з табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Швидкість подачі дроту для різних значень діаметрів і струму

Швидкість подачі, м/хв.	Сила струму, А	
	діаметр дроту, мм	
	до 2,0	2,0–3,0
1,16	140-150	180-200
1,68	160-170	220-250
2,10	170-180	240-275
2,60	200-220	275-320
3,18	230-260	340-370

Контрольні запитання

1. Якими параметрами характеризується процес автоматичного зварювання?
2. Які існують способи автоматичного зварювання?
3. Яке устаткування застосовується для автоматичного зварювання?
4. Переваги і недоліки автоматичного зварювання під шаром флюсу та у середовищі захисних газів?
5. Яку роль відіграє флюс в процесі зварювання?

Лабораторна робота 4

НАНЕСЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПОКРИТТЯ

Мета роботи – вивчити основи застосування електролітичного покриття, призначеного для захисту та зміцнення поверхонь.

Завдання

За даними креслення, що надається викладачем, виходячи з розмірів поверхні деталі, що підлягає покриттю, необхідно:

1. Визначити параметри процесу.
2. Виходячи з призначених параметрів, розрахувати час процесу виконання покриття необхідної товщини.

Короткі теоретичні положення

Для зміцнення поверхонь різних деталей широке поширення одержало зносостійке тверде хромування (гладке і пористе). Одержання покриття потрібної структури з відповідними фізико-механічними властивостями забезпечується відповідним складом електроліту, а також параметрами режиму, що характеризують умови електролітичного осадження металу.

Найбільше поширення в практиці виробництва має універсальний (стандартний) електроліт, що містить 220–250 кг/м³ хромового ангідриду CrO₅ та 2,2–2,5 кг/м³ сіркової кислоти H₂SO₄, що до-

зволяє одержати три види покриттів – блискучі, молочні і сірі (матові) при відповідних значеннях температури електроліту t і щільності струму D (рис. 4.1 і рис. 4.2). Оптимальною є товщина покриття до 0,2 мм. Ефективність процесу і якість покриття забезпечується сталістю співвідношення концентрації хромового ангідриду і сіркової кислоти – 100:1.

Блискучі покриття характеризуються високою твердістю (мікротвердість 7500-9000 МПа), зносостійкістю й крихкістю, тому вони схильні до тріщиноутворення.

Подібні покриття рекомендуються для зміцнення деталей, що працюють в умовах тертя ковзання з мастильним матеріалом при питомих навантаженнях до 5 МПа. З блискучих покриттів, отриманих у режимі тріщиноутворення (рис. 4.2), одержують пористе покриття шляхом анодного травлення для розвитку мікротріщин, у яких утримується мастильний матеріал в умовах високих температур.

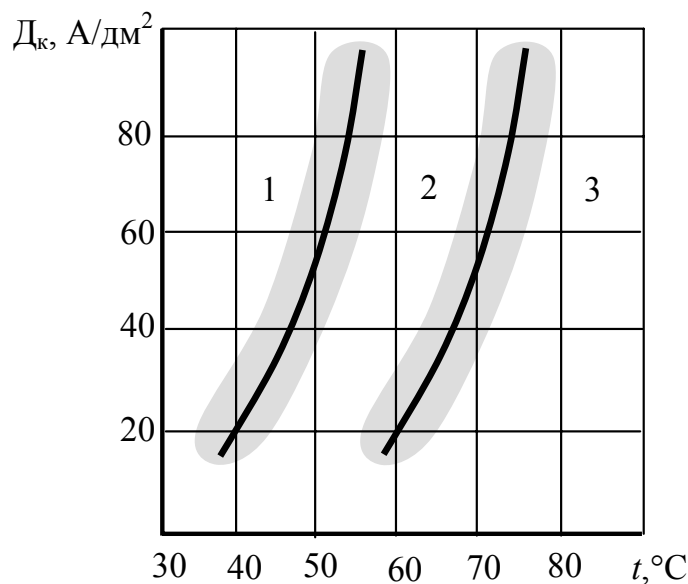


Рисунок 4.1 – Области одержання різних осадків хрому: 1 – сірі покриття; 2 – блискучі; 3 – молочні

Молочні покриття характеризуються більшою пластичністю, доброю змочуваністю та відсутністю схильності до тріщиноутворення. Ці покриття рекомендуються для поверхонь деталей, що працюють в умовах тертя ковзання з мастильним матеріалом при питомих навантаженнях не більше 1 МПа.

Сірі (матові) покриття характеризуються низькими фізико-механічними властивостями і не знаходять практичного застосування.

Виходячи з щільності струму, необхідної для отримання покриття з заданими параметрами якості поверхні, визначають величину струму в режимі декапірування і хромування

$$I = D \cdot S. \quad (4.1)$$

де D – щільність струму;

S – площа поверхні, що підлягає покриттю.

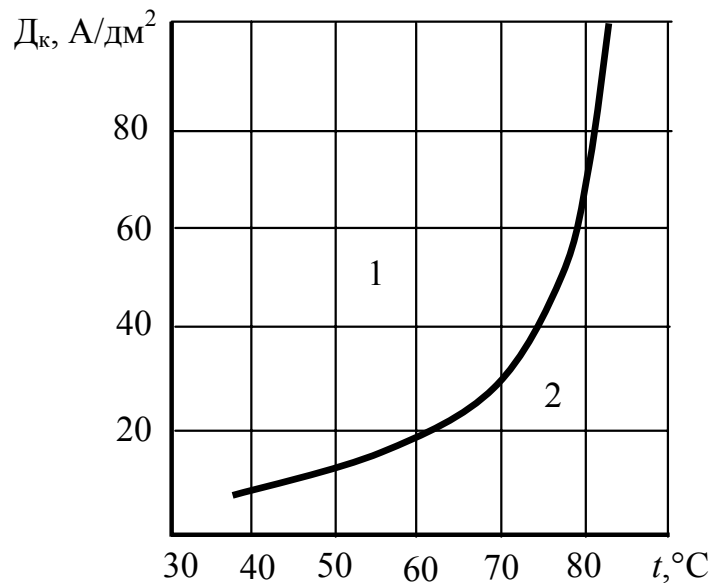


Рисунок 4.2 – Вплив режимів хромування на тріщиноутворення: 1 – область утворення тріщин; 2 – область відсутності тріщин

Електролітичний хром відрізняється мілкокристалічною структурою. Найменші розміри мають кристали блискучого хрому (не більш 0,01 мкм). Кристали молочного хрому досягають 1 мкм, а сірого – до 10 мкм. Осад хрому характеризуються шаруватістю й утворенням на поверхні характерних наростів – мікросфероїдів, що спостерігаються у покриття товщиною більш 50 мкм, які істотно знижують якість покриття при товщині більш ніж 0,2 мм.

Процес хромування відрізняється тривалістю, що обумовлено значенням електрохімічного еквівалента C , рівного 0,323 г/(А·ч), і малим виходом по струму η у стаціонарних ваннах – 13-15%.

Час процесу розраховується за заданою товщиною покриття h для призначених параметрів режиму осадження

$$T_0 = \frac{h \cdot \rho \cdot 1000 \cdot 60}{C \cdot \eta \cdot D_k}, \quad (4.2)$$

де ρ – густина хрому, г/см³ (лежить в інтервалі 6,9-7,2 г/см³).

Процес осадження хрому на поверхню, що зміцнюється, реалізується в спеціальних установках, які складаються з робочої ванни хромування, ванн для знежирення та промивання деталей, а також силової електроустановки (генератор постійного струму на 12 В або селеновий випрямовувач, що підключається до мережі перемінного струму) та щита керування з реостатом і контрольновимірjuвальними приладами.

Робоча ванна для забезпечення потрібного температурного режиму має систему підігріву електроліту і видалення шкідливих випаровувань та газів. Система підігріву забезпечує нагрівання електроліту.

У зв'язку з хімічною агресивністю хромового ангідриду внутрішні стінки робочої ванни футерують рольним свинцем чи кислототривким матеріалом типу вініпласт. В окремих випадках ванну виготовляють зі спеціальної корозійностійкої сталі.

На кожух ванни встановлені кронштейни зі штангами, на які навішують підвіски з анодами (свинцеві пластини) і катодами (деталь).

Для деталей різної конфігурації необхідно мати аноди різної форми, що відповідають формі деталі так, щоб усі поверхні деталі і анода були на однаковій відстані.

Технологічний процес хромування починається з ретельного очищення і знежирення деталі. Знежирення виконується в декілька етапів. На першому етапі – промивання в бензині, уайт-спириті або іншому розчиннику. На другому етапі застосовують електролітичне знежирення в гарячих розчинах лугів при щільності струму 5-10 А/дм² протягом 1-2 хв. Для деталей складної конфігурації з метою видалення жирових відкладень у важкодоступних місцях застосовують протирання віденським вапном (кашоподібний розчин негашеного вапна з лугом). Знежирені деталі ретельно промивають спочатку теплою водою (до 60 °С), а потім холодною водою. Суцільна

без розривів плівка води на знежиреній поверхні свідчить про добру якість очищення.

Після знежирення виконується ізоляція місць, що не підлягають хромуванню. У якості ізоляційного матеріалу застосовують цапонлак, емаліт або гумовий клей, можлива ізоляція листами хлорвінілового пластику.

З метою зняття окисних плівок з поверхні, що утворюються під час знежирення і промивання, а також виявлення структури металу (що сприяє підвищенню міцності зчеплення покриття з поверхнею деталі) на останній стадії перед хромуванням роблять анодну обробку – декапірування. Декапірування роблять травлінням у п'ятивідсотковому розчині H_2SO_4 або в електроліті, що має наступний склад: хромовий ангідрид – 100 кг/м^3 , сірчана кислота – $2-3 \text{ кг/м}^3$. Параметри режиму травління: $D_a=5 \text{ А/дм}^2$, температура кімнатна, час травління – 1 хв., з наступним промиванням у холодній воді. Допускається проведення декапірування в електроліті робочої ванни. Навішені на підвіску деталі витримують 1-2 хв. без струму (для нагрівання до температури електроліту), а потім піддають декапіруванню протягом 30-45 с при анодній щільності струму $D_a=25-35 \text{ А/дм}^2$.

Осадження хрому на поверхні, що покривається, здійснюється в робочій ванні відповідно до призначеного режиму протягом часу, розрахованого відповідно до формули (4.2).

Хромування починають з "поштовху" струму, тобто протягом перших 1-2 хв. щільність струму повинна в 2-3 рази перевищувати призначену. Потім щільність струму знижується протягом 1-1,5 хв. до нормальної величини. "Поштовх" струму обов'язковий при хромуванні високолегованих і корозійно-стійких сталей.

На заключній стадії технологічного процесу здійснюється промивання деталей у гарячій дистильованій воді (для збору електроліту), сушіння і демонтаж з підвісок, видалення ізоляції. При необхідності деталі піддаються нагріванню до $200-250 \text{ }^\circ\text{C}$ та витримці протягом 2-3 год. для зневоджування.

Контрольні запитання

1. Види та експлуатаційні характеристики хромових покриттів?

2. Особливості підготовки поверхні перед покриттям?
3. Склад електроліту для хромування?
4. Параметри режимів хромування і їх вплив на якість і вид покриття?
5. Устаткування, що застосовується для електролітичного хромування?

Навчальне видання
Методичні вказівки
до лабораторних занять з дисципліни
“Сучасні методи обробки матеріалів”
для студентів спеціальності 015.13 «Професійна освіта.
Метрологія, стандартизація, сертифікація»

Упорядник БАЙЦУР Максим Вячеславович

Відповідальний за випуск Подригало М.А.

Редактор

Підписано до друку

Формат 60x84 1/16.

Папір тип. №

Відруковано на ризографі

Умовн. друк. арк 1,0

Обл. вид. арк. 1,2

Замовлення №

Тираж

Адреси редакції видавця та поліграфпідприємства
ХНАДУ, 61002, Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Методичні вказівки
до лабораторних занять з дисципліни
“Сучасні методи обробки матеріалів”
для студентів спеціальності 015.13 «Професійна освіта.
Метрологія, стандартизація, сертифікація»

Харків 2018