

Тема 5. Припуски на механічну обробку заготовок

5.1 Класифікація припусків

У більшості випадків вихідна заготовка відрізняється від готової деталі по формах і розмірах. Чим менше ця відмінність, тим менше трудомісткість виготовлення деталі і вище коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{G_{дет}}{G_{заг}}.$$

Очевидно, що якщо в нас буде безвідхідна технологія, то $K_{в.м.} = 1$. У перспективі необхідно прагнути, щоб форма і розміри заготовки максимально наближалися до форми і розмірів готової деталі, чи хоча б заготовка підлягала тільки методам оздоблювальної обробки і тоді знову ж: $K_{в.м.} \approx 1$.

І так, дамо наступні основні визначення.

Припуском (Z) називається шар матеріалу, який необхідно видалити для перетворення заготовки в готову деталь. Поверхні, які не піддаються обробці, припусків не мають. Припуск вимірюється в напрямку перпендикулярному до оброблюваної поверхні.

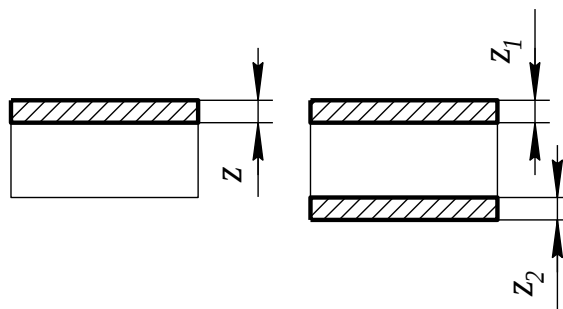
Розрізняють наступні припуски:

- загальний Z_3 ;
- операційний Z_i .

Крім цього припуски бувають асиметричні і симетричні.

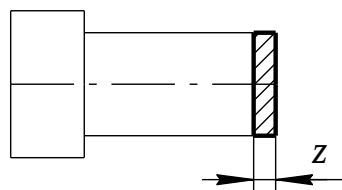
Асиметричний припуск видаляється з однієї сторони заготовки, або послідовно з різних її сторін.

Схема розташування припусків при обробці площин.

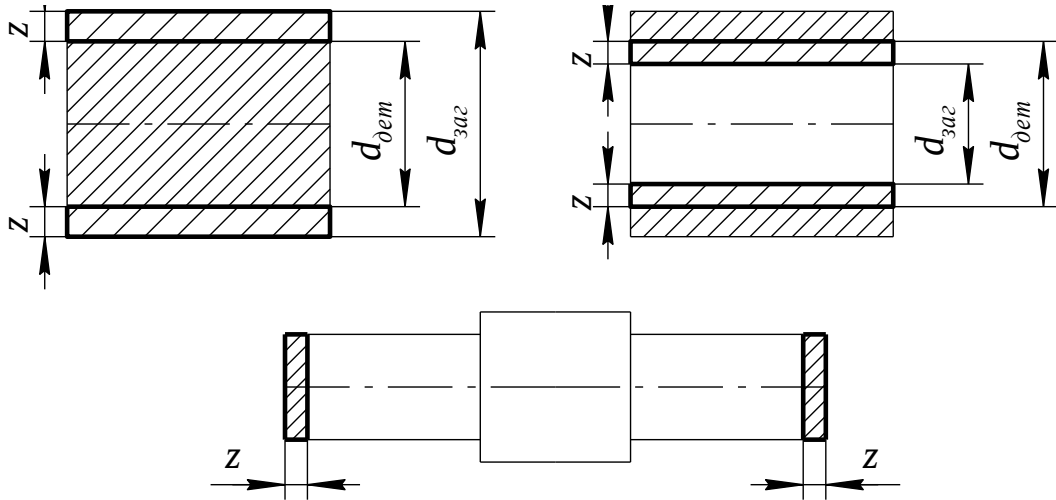


Для другої схеми заготовка буде оброблятися за два установи.

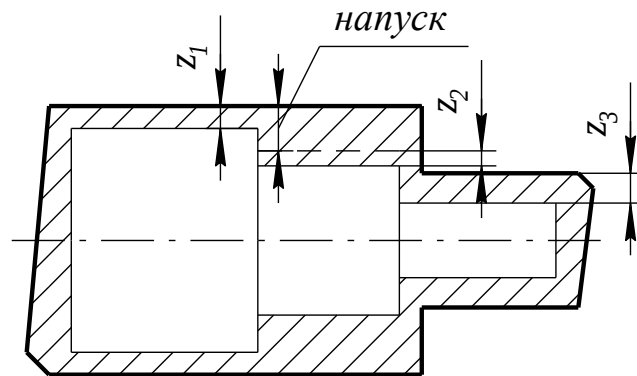
Схема розташування припуску при обробці торця вала:



Симетричний припуск видаляється одночасно з двох сторін заготовки. Наприклад, обробка зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, обробка торців на фрезерно-центрувальних операціях і т.п.



Іноді при виготовленні сідчастих заготовок на них передбачається напуск – шар матеріалу, що спрощує конфігурацію вихідної заготовки.



Завжди треба прагнути до зменшення припуску, але в розумних межах, щоб його величини було досить для усунення похибок і дефектів попередньої обробки.

Зменшення припусків – це об'єктивна необхідність, тому що очевидно, що збільшення припуску збільшує собівартість деталі. Чому? Тому, що собівартість це:

- 1) витрати на матеріал;
- 2) основна зарплата робітників;
- 3) цехові накладні витрати (витрати на експлуатацію верстата, електроенергію, додаткова заробітна плата робітників і т.д.)

Крім цього збільшується час обробки, а, виходить, зменшується продуктивність устаткування і т.д.

5.2 Методи визначення припусків

Існують наступні основні методи визначення припусків:

- 1) дослідно-статистичний;

- 2) розрахунково-аналітичний;
- 3) інтегрально-аналітичний;
- 4) метод кафедри ТМБ.

Зупинимось докладніше на зазначених методах.

У практиці технології машинобудування найбільше застосування знаходять перших два методи.

І так, дослідно-статистичний метод визначення припусків.

Сутність даного методу полягає в тому, що загальний чи операційний припуск приймають по таблицях, що складені за результатами збору і систематизації даних багатьох підприємств. У результаті збору таких даних складаються ГОСТи, наприклад, на лиття, кування, штампування і т.д.

Використовуючи цей метод можна вирішити дві задачі.

І-а задача: визначити загальний припуск по таблицях і розподілити його по окремих операціях.

При цьому існують наступні рекомендації:

- якщо загальний припуск видаляється за дві операції, то: $Z_1 = 70\%Z_3$, $Z_2 = 30\%Z_3$;
- якщо загальний припуск видаляється за три операції, то: $Z_1 = 60\%Z_3$, $Z_2 = 30\%Z_3$, $Z_3 = 10\%Z_3$.

ІІ-а задача: визначають операційні припуски, а потім, підсумовуючи їх, знаходять загальний припуск для даної поверхні.

Достоїнства дослідно-статистичного методу:

- простота розрахунків;
- можливість систематизації і стандартизації припусків.

У той же час у цьому методі присутні і деякі недоліки:

- припуск визначається без обліку конкретних виробничих умов;
- при розрахунку припуску не враховуються елементарні похибки обробки;
- для запобігання одержання браку величина припуску при цьому методі виявляється завищеною;
- застосування таблиць позбавляє технолога необхідності аналізувати й удосконалювати технологію виробництва;
- метод не може використовуватися в САПР ТП.

Інтегрально-аналітичний метод визначення припусків.

Сутність інтегрально-аналітичного методу визначення припусків полягає в тому, що величина припуску визначається по емпіричних формулах, які зв'язують його з іншими параметрами оброблюваної поверхні. Наприклад, Ліпатов рекомендує наступну формулу для визначення припусків на 4 етапі при обробці штампованої заготовки:

$$Z_4 = 0,2 + 0,0002d + 0,0004l.$$

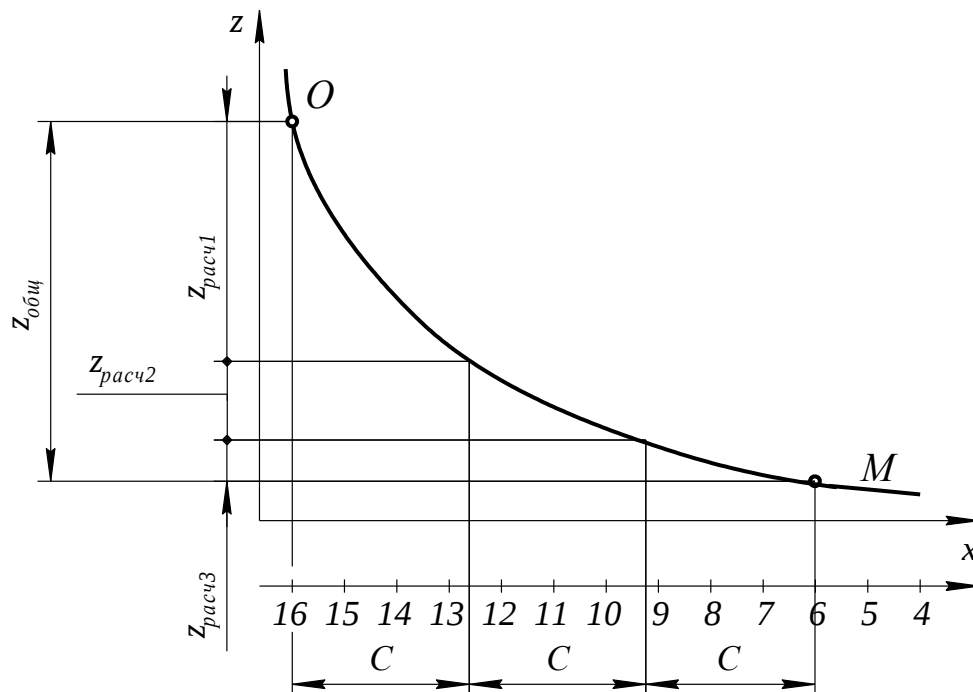
Аналогічні формули Ви можете подивитися в підручникові Горбацевича А.Ф.

Даний метод розрахунку, в основному, орієнтований на САПР ТП. Однак він досить приблизний, вимагає застосування широкомасштабних досліджень для встановлення більш точних залежностей припуску від параметрів поверхні.

Метод не враховує конкретних умов виробництва і поки не знайшов належного застосування.

З метою усунення вищезазначених недоліків на кафедрі ТМБ запатентований ще один метод розрахунку припусків.

Відомо, що припуски по етапах обробки розподіляються по експонентній залежності.



Виходячи з цього, пропонується наступна формула для розрахунку будь-яких припусків:

$$Z_{\text{заг}} = a b^{x_i};$$

де: x_i – поточне значення координати квалітетів точності;

a – коефіцієнт, що залежить від інтервалу розмірів оброблюваних заготовок;

b – коефіцієнт, що характеризує залежність між числом переходів інструмента і точністю заготовки.

Для визначення необхідних припусків по вищенаведеній формулі спочатку будується крива, на якій у залежності від точності заготовки і необхідної точності поверхні готової деталі встановлюються точки O та M. Потім, у залежності від числа проходів визначається їхня ціна розподілу і відбувається розбивка $Z_{\text{заг}}$ на окремі припуски $Z_{\text{розр. } i}$.

Очевидно, що даний метод більш пристосований для розрахунків на ЕОМ, тобто його легко використовувати для розрахунків у режимі САПР ТП, тому що він дозволяє позбутися від великої кількості громіздких таблиць, і, у той же час, уже враховує деякі умови виробництва. Звичайно, метод ще недостатньо досліджений і поки не впроваджений у технологічну практику.

5.3 Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків

Основи розрахунково-аналітичний методу визначення припусків закладені проф. Соколовським О.П. і найбільш повний розвиток він одержав у роботах проф. Кована В.М.

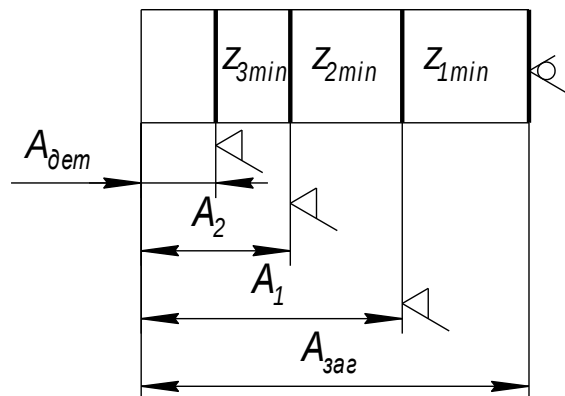
Суть даного методу полягає в тому, що шляхом підсумовування окремих складових визначається мінімальний припуск. Цей метод супроводжується побудовою схем розташування полів припусків і допусків, зображуваних без масштабу. При цьому, поле допуску заштриховують.

Застосування даного методу, на відміну від раніше розглянутих, полягає в тому, що він найбільше повно дозволяє врахувати конкретні умови виробництва.

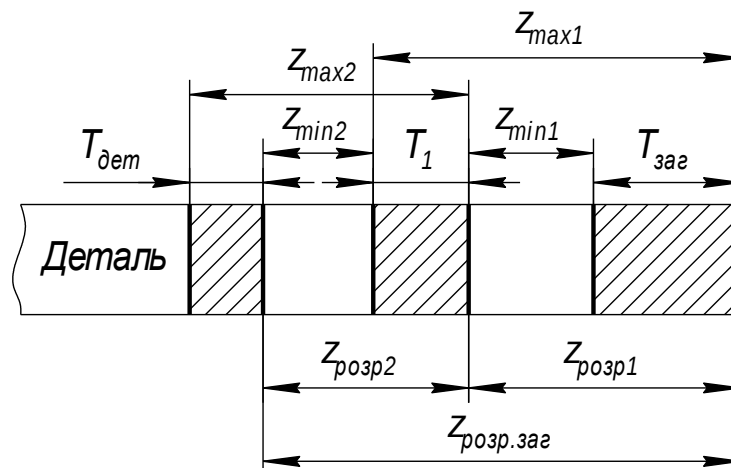
У розрахунково-аналітичному методі визначення припусків виділяють наступні припуски: $Z_{\min}$; $Z_{\max}$; $Z_{\text{розр}}$; $Z_{\text{ном}}$; $Z_{\text{заг}}$.

$Z_{\min}$ – шар матеріалу, видалення якого необхідно і досить для усунення похибок попередньої обробки і похибок установки на даній операції.

Якби можна було вести обробку абсолютно точно з допуском $T = 0$, то графічне розташування припусків було б наступним:



Однак у практиці технології машинобудування такого не буває. Обробка поверхонь заготовки здійснюється з визначеною точністю (допуском). Тому, у реальних умовах вищезазначена схема приймає наступний вигляд:



Тут:

$Z_{розр}$ – шар матеріалу, що видаляється з заготовки, і який включає в себе мінімальний припуск і весь допуск із попередньої обробки:

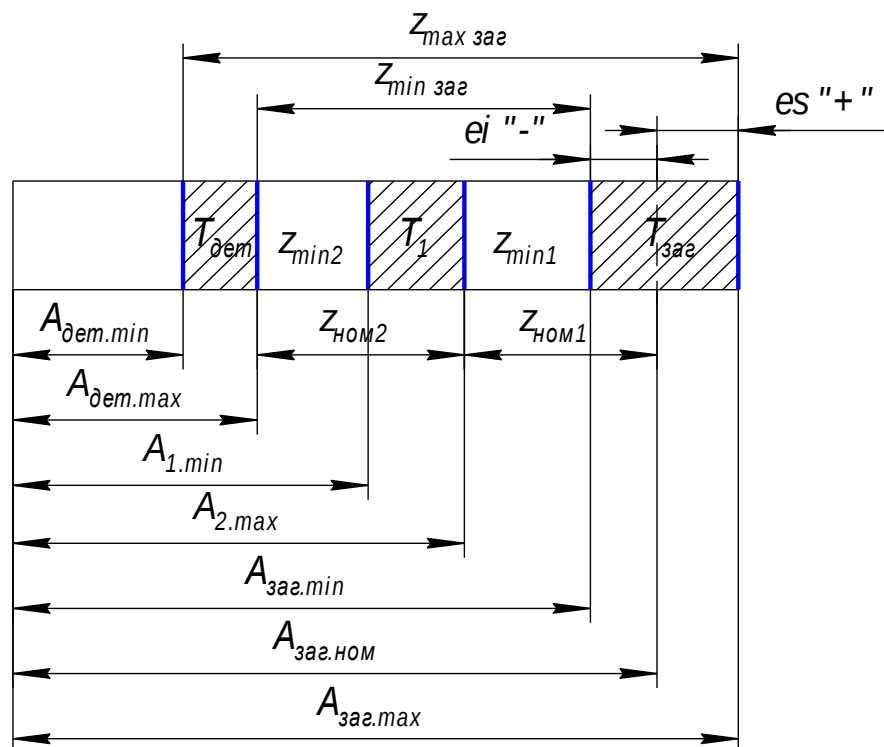
$$Z_{розр} = Z_{min_i} + T_{i-1}.$$

Z_{max} – шар матеріалу, що включає в себе мінімальний припуск і допуски з попередньої і даної обробки:

$$Z_{max} = Z_{min_i} + T_i + T_{i-1}.$$

Z_{max} необхідно визначати для того, щоб розрахувати кількість робочих ходів на даній операції і порівняти його з припустимою глибиною різання для даного верстата.

$Z_{ном}$ – різниця між номінальними розмірами заготовки на двох суміжних операціях.



У більшості випадків номінальний припуск $Z_{ном}$ дорівнює розрахунковому припуску $Z_{розр}$ (крім першої операції), тому що для основних валів і отворів номінальні розміри є або максимальними, або мінімальними.

У підручниках (Горбачевича А.Ф. та інших) приведені алгоритми розрахунків, у яких до складу мінімального припуску включається і допуск. Цього робити не можна. Кафедра ТМБ СумДУ просить скористатися при зазначених розрахунках схемами полів розташування припусків і допусків з конспекту лекцій.

$Z_{\min.\text{заг}}$ – це різниця між мінімальним розміром заготовки і максимальним розміром готової деталі.

$Z_{\text{розр.заг}}$ – це різниця між максимальним розміром заготовки і максимальним розміром готової деталі:

$$Z_{\text{розр.заг}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{розр}_i}.$$

$Z_{\max.\text{заг}}$ – це різниця між максимальним розміром заготовки і мінімальним розміром готової деталі:

$$Z_{\max.\text{заг}} = Z_{\text{розр.заг}} + T_{\text{дет.}}$$

5.4. Склад мінімального припуску.

Тепер розглянемо склад мінімального припуску.

Мінімальний припуск є функцією наступних складових:

$$Z_{\min} = f(Rz_{i-1}, H_{i-1}, \rho_{i-1}, \varepsilon_{yi}),$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей, що виникли на попередній операції;

H_{i-1} – глибина дефектного шару, що виник на попередній операції;

ρ_{i-1} – просторові відхилення форми поверхні, утворені на попередній операції;

ε_{yi} – похибки установки заготовки на даній операції.

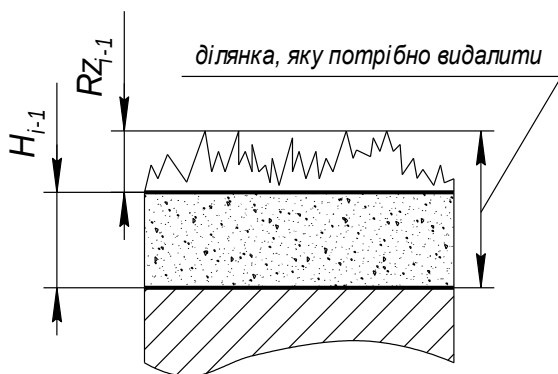
Розглянемо докладніше складові мінімального припуску.

Ми з Вами раніше вже розглядали похибки установки заготовки на столі верстата. Вона складається з похибки базування, похибки закріплення і похибки пристосування на даній операції.

Висота мікронерівностей і глибина дефектного шару поверхні заготовки представлена на схемі.

Просторові відхилення форми поверхні заготовки визначаються по формулі:

$$\rho_{\text{заг}} = \rho_{\text{зм}} + \rho_{\text{кор.}}$$



Для циліндричних поверхонь просторові відхилення форми поверхні заготовки визначаються по формулі:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{кор.}}^2},$$

Тут: $\rho_{\text{зм}}$ – це результат зсуву (зміщення) половинок штампів по роз'єму, або зсув ливарних форм.

Короблення заготовок виявляється у вигляді скривлення їхньої осі (для деталей типу «вал»), або відхилення від перпендикулярності їхніх торців.

Величини $\rho_{зм}$ і $\rho_{кор}$ беруть з таблиць. Короблення можна розраховувати і по формулі:

$$\rho_{кор} = L \times \Delta_{кор},$$

де: L – довжина поверхні;

$\Delta_{кор}$ – питома величина короблення на 1 мм довжини заготовки, мкм/мм;

При розрахунку припусків ми визначаємо загальне значення величини просторових відхилень форми поверхні заготовки: $\rho_{заг}$. Надалі, для наступних етапів обробки величину просторових відхилень можна визначити по формулі:

$$\rho_i = K_{y_i} \rho_{заг}.$$

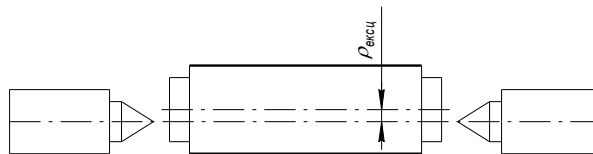
де: K_{y_i} - коефіцієнт уточнення.

Після першої, другої, третьої і наступних операцій K_{y_i} - коефіцієнт уточнення дорівнює, відповідно: 0,06; 0,05; 0,04, 0,02, а далі ним зневажаємо.

При обробці циліндричних заготовок типу «втулок» необхідно враховувати ексцентриситет між осями зовнішніх і внутрішніх поверхонь. Тоді:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{ексц}^2 + \rho_{кор}^2}$$

Похибки просторового розташування можуть виникати не тільки на етапі одержання вихідної заготовки, але і під час першої операції. Наприклад, на фрезерно-центрувальній операції виникає ексцентриситет осі центрів щодо осі зовнішньої поверхні заготовки.



З огляду на перераховані вище складові мінімального припуску, останній, при розрахунку асиметричного припуску можна визначити по формулі:

$$Z_{\min i} = Rz_{i-1} + H_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{y_i}.$$

Для симетричного припуску, що видаляється з плоских поверхонь одночасно, наприклад, на фрезерно-центрувальних операціях і ін.:

$$2Z_{\min i} = 2(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{y_i}).$$

Для поверхонь обертання:

$$2Z_{\min i} = 2(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2}).$$

Приведені вище формули носять узагальнений характер. Для кожного конкретного випадку обробки в них можуть бути відсутні окремі складові. Наприклад, при обробці в центрах:

$$2Z_{\min i} = 2(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \rho_{i-1}),$$

тобто ми можемо не враховувати ε_{y_i} .

Для оздоблювальної операції суперфінішування, метою якої є зменшення шорсткості, формула здобуває вид:

$$2Z_{\min i} = 2Rz_{i-1}.$$

Таким чином, застосування розрахунково-аналітичного методу вимагає аналізу впливу окремих складових мінімального припуску.

5.5. Правила призначення технологічних допусків.

Під технологічними допусками розуміємо допуски на операційні розміри, що з'являються при перетворенні вихідної заготовки в готову деталь.

Операційні (технологічні) допуски визначають за наступними правилами:

1. Технологічний допуск дорівнює (приймається рівним) допуску на відповідний розмір по економічно досяжному квалітету точності для даного методу обробки.
2. Якщо розмір вимірюється від чорнової бази, то допуск на нього приймається по квалітету на один грубіше економічно досяжного, або розраховується по формулі:

$$T_{\text{чорн.}} = \frac{T_{\text{ек}} + T_{\text{заг}}}{2}.$$

Однак, такі розрахунки застосовуються рідко, тому що цей допуск може потрапити в інтервал, що не відповідає базовому - за ГОСТом. Отже, для виміру в цьому випадку необхідний спеціальний вимірювальний інструмент.

3. Допуски на фінішних операціях приймаються по економічно досяжному квалітету точності застосовуваного методу обробки, тому що бувають випадки невідповідності точності оброблюваної поверхні її шорсткості: точність по 14 квалітету, а шорсткість – 0,2 мкм Ra (декоративна шорсткість).
4. Призначені допуски повинні розташовуватися в тіло заготовки за правилами основного отвору, або вала, тобто по Н чи h.
5. Якщо оброблювана поверхня планується використовуватися як технологічна база, то на неї може бути призначений більш жорсткий допуск (технологічний допуск).

5.6. Розрахунок операційних розмірів і побудова схем графічного розташування припусків і допусків

Розрахунок операційних розмірів зручно проводити з використанням таблиці. Нижче дана таблиця для розрахунку асиметричного припуску. Для симетричного припуску записують у таблицю $2Z_{\min}$, $2Z_{\max}$.

№	Найменування операції	Ек. кв.	T	Rz	H	ρ	ε_y	$Z_{\min}$	$A_{\text{расч. min}}$	$A_{\text{расч. max}}$	$A_{\text{пр. min}}$	$A_{\text{пр. max}}$	$Z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
005	Заготівельна	1	1	1	1	1	-	-	5	5	5	5	6
010	Чорнова	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	6
015	Чистова	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	6

У графі 2 записується найменування операції, або переходів, необхідних для перетворення вихідної заготовки в готову деталь, а в графі 1 – їхні номери (номера операцій). Операції записуються в порядку їхнього виконання: зверху вниз. Цифрами 1, 2, 3 і т.д. позначаємо послідовність розрахунку (заповнення таблиці). Похибки установки ε_y на заготівельній операції немає. Заповнення граф 1 – 8 є підготовкою вихідних даних для розрахунку припусків (ці дані беруться з таблиць довідкової літератури). Графа 9 заповнюється після розрахунку $Z_{\min i}$ чи $2Z_{\min i}$ по розглянутим вище формулах, див. попередню лекцію.

Далі заповнюємо графи 10, 11. У них записуються мінімальний і максимальний розрахунковий розміри, одержувані на кожній операції аж до заготівельної. Усі розрахунки починаємо в зворотній послідовності від розмірів готової деталі. Потім записуємо в останньому рядку в графі 12 і 13 максимальний і мінімальний розміри готової деталі по кресленню. У зазначених графах 12 і 13 записуються прийняті межопераційні значення розмірів заготовки. При розрахунку зазначених операційних розмірів для деталей типу «вал» припуски додають до попереднього розміру, а для деталей типу «отвір» – віднімають. Округляють розрахункові розміри до знака допуску (убік збільшення припуску) і це вже будуть прийняті розміри.

Нижче приведені формули для розрахунку межопераційних розмірів:

- для деталей типу «валів»:

$$A_{\text{расч. min } i} = A_{\text{прин max } i+1} + Z_{i+1},$$

$$A_{\text{расч. max } i} = A_{\text{прин min } i} + T_i.$$

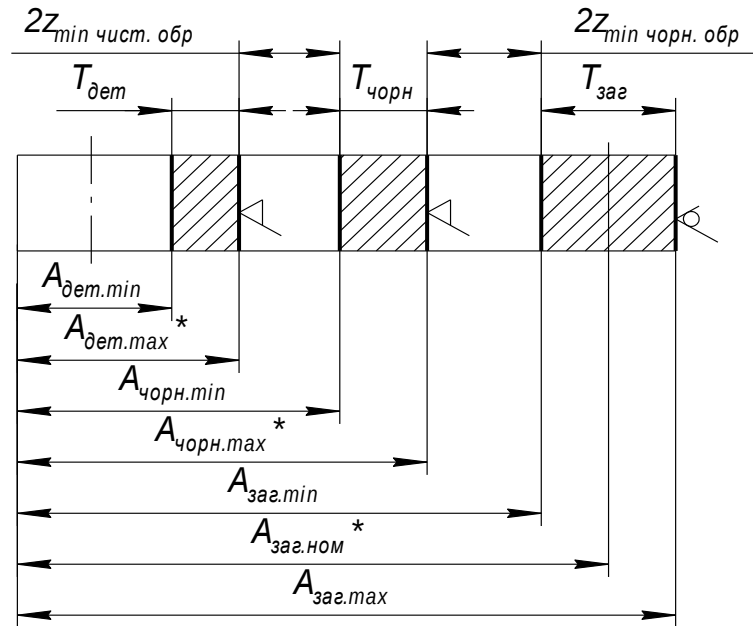
- для поверхонь типу «отворів»:

$$A_{\text{расч. max } i} = A_{\text{прин min } i+1} - Z_{i+1},$$

$$A_{\text{расч. min } i} = A_{\text{прин max } i} - T_i.$$

Тепер виконаємо побудову схем графічного розташування полів допусків і припусків.

1. Поверхні типу «валів» - припуск симетричний.



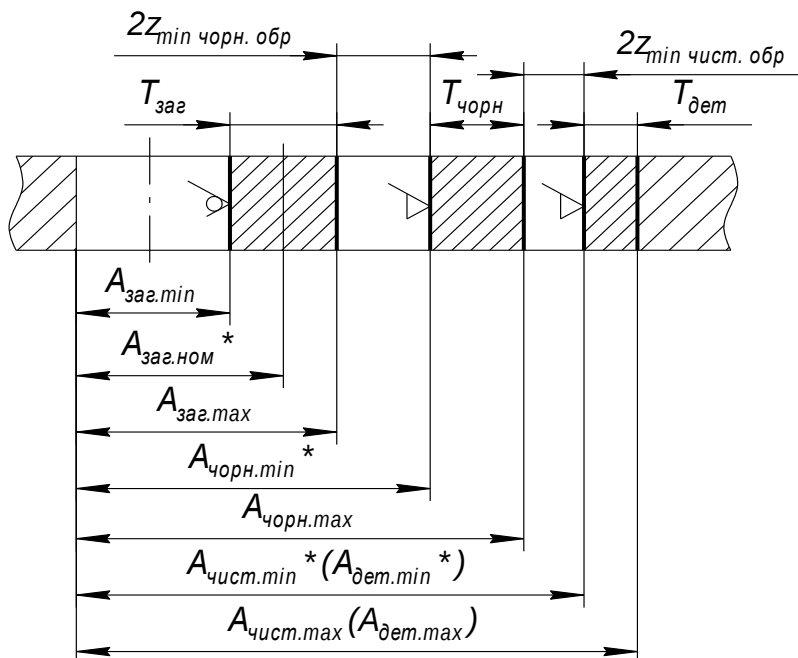
* - округлений розмір (прийнятий межопераційний розмір, що округляється до знака допуску, щоб була можливість при його вимірі використовувати стандартні засоби виміру).

Як бачимо, дані розміри відповідають номінальним розмірам.

Скільки ступіней – стільки і “*”.

2. Поверхні типу «отворів» - припуск також симетричний.

Аналогічним образом будується схема графічного розташування полів допусків і припусків для отвору.

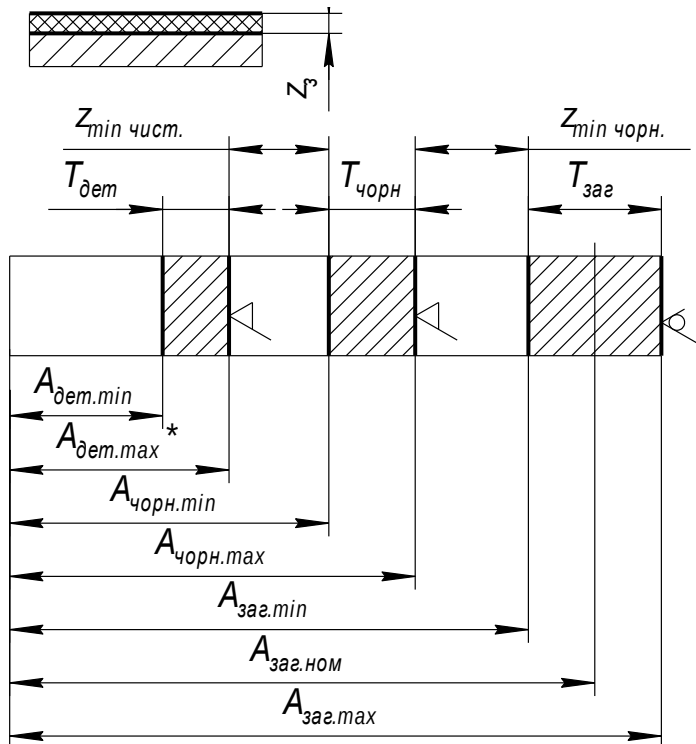


3. Асиметричні припуски.

Тут можливі три варіанти:

- 1)- обробка заготовки з однієї сторони (багаторазова);
- 2)- обробка двох торців заготовки без зміни баз;

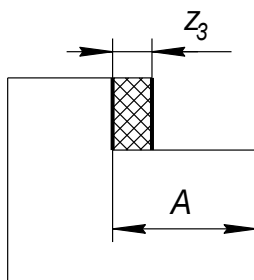
3)- обробка двох торців заготовки зі зміною баз.



1) Розрахунок таких розмірів приводять у такій же таблиці, як і для симетричних припусків, але в графі 9 записуємо не $2Z_{\min}$, а $Z_{\min}$.

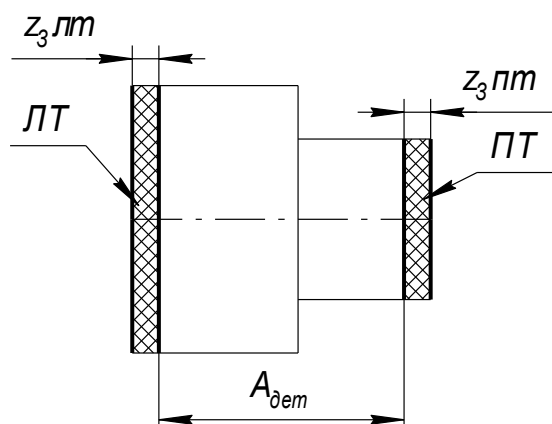
Схема графічної побудови не відрізняється від схем розташування симетричних припусків.

Для представленого на малюнку випадку схема розташування полів допусків і припусків відповідає схемі розташування для поверхонь типу «валів».



Для нижче представленого випадку схема графічного розташування полів допусків і припусків відповідає схемі розташування для поверхонь типу «отворів».

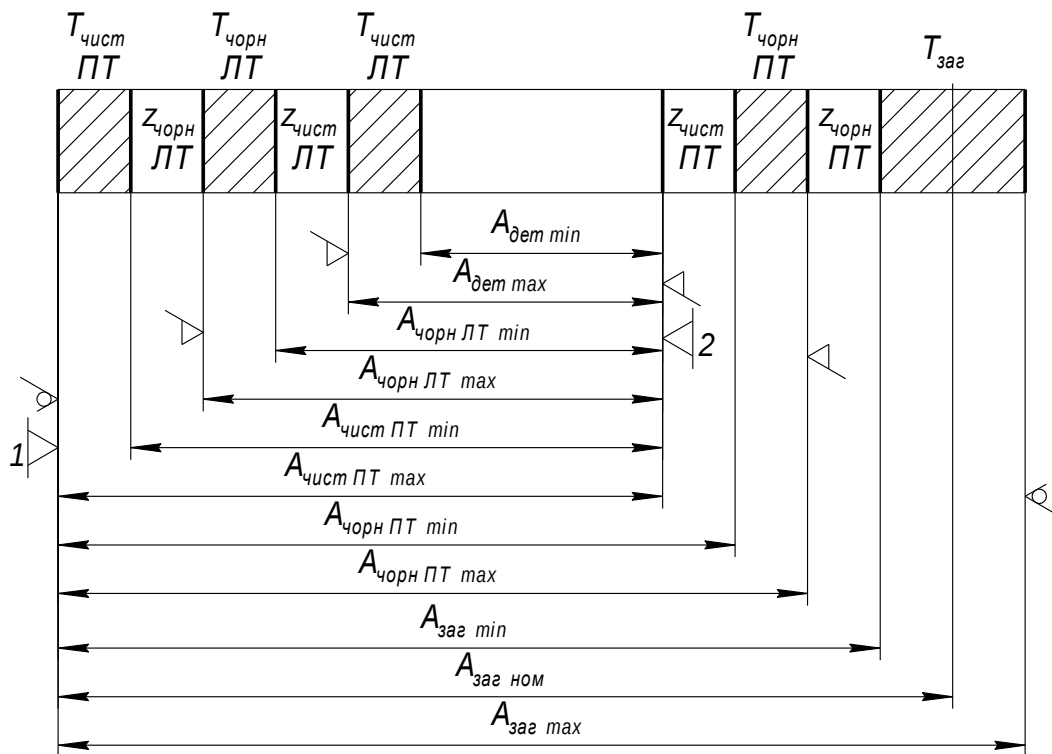
3.2. Тепер розглянемо розташування полів допусків і припусків, коли заготовка обробляється, наприклад, на багатопиндельних верстатах (двухіндексна обробка за два установка).



Техпроцес пропонованої обробки торців заготовки:

- чорнова обробка правого торця (ПТ);
- чистова обробка ПТ;
- чорнова обробка лівого торця (ЛТ);
- чистова обробка ЛТ.

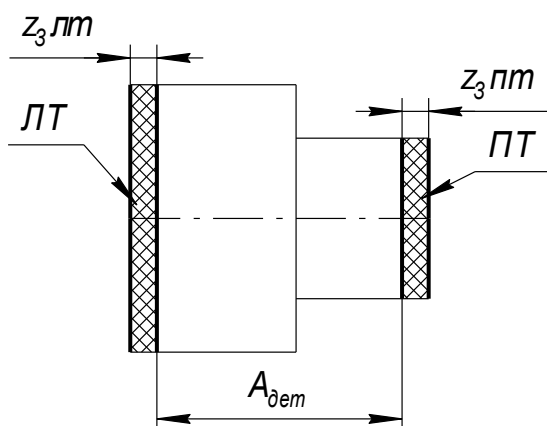
Нижче представлена схема графічного розташування полів допусків і припусків при обробці двох торців заготовки без зміни баз.



Для спрощення побудови подібних схем і наступних розрахунків межопераційних розмірів рекомендується в таблицю записувати операції, або переходи в порядку їхнього виконання й у рядку «чорнова обробка ЛТ» указати значення R_z і H для вихідної заготовки.

Після визначення кількості ступіней обробки кожного торця перед розрахунком операційних розмірів спочатку варто зробити «заготовку схеми» розташування полів припусків і допусків.

3.3. Завершуємо побудову схем графічного розташування полів припусків і допусків обробкою торцевих поверхонь заготовки зі зміною баз.



При цьому, пропонується наступний технологічний процес обробки заготовки.

Техпроцес:

- чорнова обробка ПТ;
- чорнова обробка ЛТ;
- чистова обробка ПТ;
- чистова обробка ЛТ.

