

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕРТЯ МЕТОДОМ ОСАДКИ КІЛЬЦЯ

**Мета роботи.** Дослідити роль і види тертя в процесах обробки металів тиском, визначити коефіцієнт тертя шляхом осадки кільця.

**Загальні відомості.** У процесах обробки металів тиском метал переміщується відносно інструменту. При цьому виникають сили, що перешкоджають переміщенню - сили тертя. Найчастіше сили тертя грають негативну роль, що виражається в наступному:

викликають високий питомий тиск на поверхні контакту, що веде до зносу інструменту і зниження точності і якості поверхні отримуваних виробів;

підвищують температуру в зоні контакту, яка може сприяти зміні фізико-хімічного стану металу, що деформується;

вимагають додаткової витрати енергії на їх подолання;

здатні змінювати схему напруженого стану при деформації, а значить, і впливати на пластичність металу;

приводять до нерівномірного плинності металу.

Проте деякі види обробки металів тиском неможливо було б здійснити без тертя, наприклад, прокатку.

На величину напруги тертя великий вплив мають такі чинники, як шорсткість інструменту, температура, величина і швидкість деформації, природа металу, що деформується, тощо. При прокатуванні у вакуумі або інертному середовищі (яка відноситься до спеціальних видів ОМТ) поверхня металу звільняється від оксидних плівок. Утворення такої поверхні призводить до підвищення сил тертя на межі металу, що обробляється і валків. Коефіцієнт тертя при прокатуванні у вакуумі на 20-25 % вище, чим при прокатуванні у повітрі і підвищується з підвищенням температури прокатки.

Шорсткість контактних поверхонь при дії високої нормальної напруги приводить до затікання металу, що деформується, в мікронерівності інструменту. В результаті невеликого зсуву контактуючих поверхонь в тонкому шарі металу спостерігаються локальні деформації. При цьому ступінь деформації приконттактних шарів металу і основного об'єму значно відрізняються. Інтенсивне здвиготворення в контактному шарі зміцнює його. З підвищенням інтенсивності деформації і зміцнення у контактній поверхні відбувається збільшення напруги тертя. Навпаки, мастило і підвищення якості обробки поверхні знижує рівень локальних деформацій, а отже, і напругу тертя.

В обробці металів тиском розрізняють три основні види тертя: сухе, граничне і рідинне.

При сухому терті поверхні тіл, що труться, вільні від третіх речовин (мастила, оксидів, тощо), тобто відбувається взаємодія чистих металевих поверхонь. У чистому вигляді такий вид тертя при обробці тиском не зустрічається, тому в широкій практиці сухим тертям називають тертя незмащених тіл.

Граничне тертя характеризується наявністю на поверхні тіл адсорбованих речовин, які істотно відрізняються властивостями від матеріалу, інструменту і оброблюваного тіла. При цьому має місце механічне зачеплення шорсткостей поверхонь контакту. Цей вид тертя реалізується при використанні мастил, які містять поверхнево-активні речовини, що адсорбуються на поверхнях, що труться, з утворенням міцних плівок. Такі плівки здатні витримувати високі навантаження і чинити малий опір зсуву цих поверхонь. Проте товщина мастила така мала, що шорсткості виробу і інструменту знаходяться у взаємному зачепленні.

При рідинному терті між поверхнями, що труться, є шар мастила, що виводить з механічного зачеплення шорсткості цих поверхонь. Тому рідинне тертя - це внутрішнє тертя в об'ємі мастила. Воно знайшло застосування, наприклад, при волочінні дроту. Ведуться роботи по реалізації цього виду тертя і в інших видах обробки металів тиском. Термін «рідинне тертя» умовний, оскільки мастило може бути консистентним і навіть твердим, наприклад, парафін. Головне, щоб не відбувалося дотикання поверхонь, що труться, а опір деформації самого мастила був у багато разів менше опору деформації оброблюваного металу. Відмітна особливість рідинного тертя - тиск в шарі мастила. Воно повинне бути таким, щоб могло перевести оброблюваний метал в пластичний стан. В цьому випадку мастило не видавлюватиметься з проміжку між поверхнями, що труться, а деформація виробу інструментом буде здійснюватися через шар мастила.

На напругу тертя впливає багато чинників: стан поверхонь інструменту і тіла, що деформується, величина тиску, швидкість і температура деформації, наявність мастила, спосіб її подачі, тощо. Все це пояснює складність залежності напруги тертя від перерахованих чинників. Практично використовують два спрощених закони тертя.

Згідно закону Амонтона - Кулона, сила тертя  $T$  пропорційна нормальному тиску  $P$  на поверхні контактуючих тіл:

$$T = \mu \cdot P \quad (1.1)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт тертя.

При переході до елементарної площадки закон трансформується:

$$\tau = \mu \cdot p \quad (1.2)$$

де  $\tau$  - питоме тертя, або напруга тертя;  $p$  - нормальна контактна напруга.

При цьому  $\tau$  може досягати межі текучості матеріалу при зсуві. Цей закон зазвичай використовують при холодній обробці тиском. У разі гарячої обробки тиском краще користуватися законом Зібеля:

$$\tau = \mu \cdot \sigma_s \quad (1.3)$$

де  $\sigma_s$  - межа текучості матеріалу, яка залежить від температури.

Коефіцієнт тертя при обробці металів тиском зазвичай міняється від 0,1 до 0,5. При використанні мастила він може зменшуватися до 0,03.

Чистота поверхні і застосування мастила характеризується коефіцієнтом тертя  $\mu$ , який можна знайти різними способами. Один з таких способів полягає в

осадці кільцевих зразків і заснований на залежності зміни внутрішнього діаметру кільця від коефіцієнту тертя. При  $\mu = 0$  кільце розширюється як

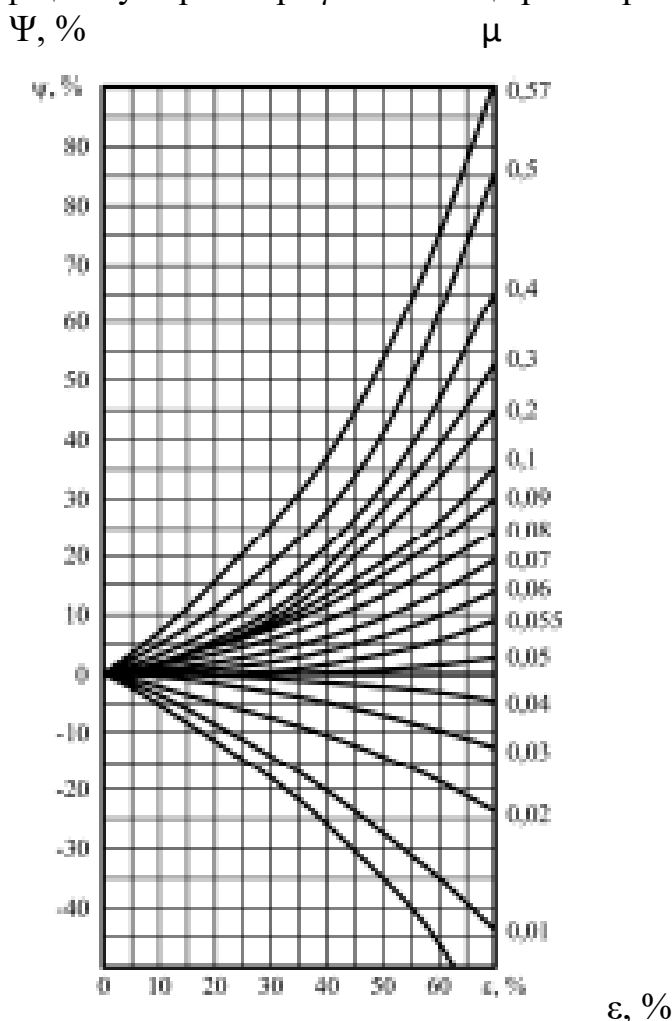


Рис. 1.1. Номограма для визначення коефіцієнта тертя методом осідання кільця

суцільний диск, при значному терті отвір звужується. Стиснення зразків проводиться між плоскими бойками з різною шорсткістю робочої поверхні. До і після осадки вимірюють товщину зразків  $h_0$  і  $h_1$ , діаметри внутрішніх отворів  $d_0$  і  $d_1$  і по формулах 1.4 і 1.5 обчислюють  $\varepsilon$  - ступінь деформації і  $\psi$  - відносне звуження отвору:

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

$$\psi = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

Після цього, використовуючи графік (рис. 1.1) визначають коефіцієнт тертя. Коефіцієнт тертя при прокатуванні у вакуумі визначається за формулою:

$$\mu_B = \mu \cdot 1,25 \quad (1.6)$$

### **Матеріали інструмент, устаткування і порядок проведення роботи.**

1. Взяти чотири зразки з алюмінієвого сплаву у вигляді кільця, заміряти їх висоту  $h_0$  і внутрішній діаметр  $d_0$ .

2. Всі зразки по черзі осадити до однієї висоти на гідравлічному пресі, використовуючи при цьому бойки з різною якістю обробки поверхні: шорсткі, гладкі і дзеркально гладкі. Осадку на шорстких бойках провести двічі: з мастилом і без мастила.

**Зміст звіту.** Заміряти висоту і внутрішній діаметр зразків після осадки, відповідно,  $h_1$  і  $d_1$ . Обчислити по формулах 1.4 і 1.5 величини  $\varepsilon$  і  $\psi$  за допомогою яких по рис. 1.1 визначити коефіцієнт тертя  $\mu$ . Коефіцієнт тертя при прокатуванні у вакуумі визначається за формулою (1.6). Всі дані занести в табл. 1.1. Робота закінчується складанням висновків.

Таблиця 1.1. - Зведена таблиця дослідних даних

Стан поверхні бойків	Висота зразку, мм		Ступінь деформації $\varepsilon$ , %	Внутрішній діаметр зразка, мм		Відносне звуження $\psi$ , %	Коефіцієнт тертя $\mu$	Коефіцієнт тертя у вакуумі, $\mu_B$
	$h_0$	$h_1$		$d_0$	$d_1$			
Шорсткі								
Гладкі								
Дзеркальні								
Шорсткі з мастилом								

### **Контрольні питання:**

1. Яка роль тертя в процесах обробки металів тиском, у тому числі при прокатуванні у вакуумі або інертному середовищі ?
2. Перерахуйте процеси обробки металів тиском, в яких тертя грає позитивну роль.
3. Які види тертя і характеристика кожного з них ?
4. Які закони тертя ?
5. Які способи зниження коефіцієнтів тертя ?
6. Яка методика визначення коефіцієнта тертя ?
7. Назвіть способи підвищення зносостійкості інструменту для обробки металів тиском.

**Література:** [1], [2], [8].