

## ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ МЕТЛУРГІЙНИХ МАШИН

Металургійні машини характеризуються безперервним характером роботи із числом включень до 2500 у годину й динамічним, близьким до ударного, характером навантаження.

Крім того, багато вузлів і механізмів піддаються впливу високих швидкозмінних температур, а також мають швидкозношувані фрикційні пари, що приводить до швидкопрогресуючих зазорів з більшими ударами при замиканні.

Крім цього на довговічність істотно впливають явища, що виникають при підвищенні швидкості зіткнень деталей до 15...20 м/с: при інтенсивному зіткненні деталей з більшими швидкостями відбувається їхнє руйнування поза залежністю від запасів міцності, закладених у них при розрахунку.

Кінетостатичні методи в цьому випадку є неефективними:

$$[\sigma] = \sigma_b / n, \quad (1.1)$$

де  $[\sigma]$  – допустимі напруження, Н/мм<sup>2</sup>;

$\sigma_b$  – межа міцності матеріалу (у деяких випадках використовується границя текучості), Н/мм<sup>2</sup>;

$n$  – коефіцієнт запасу міцності, що призначається залежно від умов роботи, температури навколишнього середовища, ступеня відповідальності деталі.

Найчастіше коефіцієнт запасу міцності призначається на підставі експериментальних даних і досвіду експлуатації аналогічного встаткування. Але часто цей шлях неприйнятний для принципово нових машин, що працюють із навантаженнями або швидкостями, що істотно відрізняються від існуючих.

Згідно дослідженням до 90 % всіх руйнувань носять втомний характер або викликані динамічними навантаженнями.

Вищесказане приводить до виводу про зростання ролі спеціальних методів розрахунку, що дозволяють визначати дійсний рівень навантажень, що діють у деталях і вузлах металургійних машин, тобто динамічних методів розрахунку.

### 1.1 Історія розвитку науки про динаміку

Багато вчених внесли вагомий вклад у розвиток й удосконалювання методів динамічних розрахунків.

Необхідно підкреслити особливу роль у розвитку науки про динамічні й коливальні навантаження відомого академіка І. І. Артоболовського. Він проаналізував завдання, пов'язані з рухом машин, включаючи питання коливань у машинах, пневмо, гідро- і електросистемах, а також питання, що стосуються екстремальної динаміки машин.

Перші роботи з вивчення навантажень на тіла з урахуванням переміщень, швидкостей і прискорень з'явилися ще в XVII столітті. В 20-х роках XIX століття вперше з'явилися роботи Навьє й Коріоліса з розрахунку махових мас.

Далі слід зазначити роботи Віттенбауера, що вивів рівняння кінетичної енергії шляхом побудови діаграми енергія-маса:  $T=m^{2/2}$ ;  $T=I\omega^{2/2}$ . Перші роботи з динаміки російською мовою були написані Жуковським і Мерцаловим.

## **1.2 Загальні відомості про динамічні навантаження металургійних машин**

Як уже говорилося, рівень динаміки при роботі металургійних машин досить високий, однак кожен тип машин має свої специфічні особливості з погляду характеру й режимів навантаження.

Розглянемо умови експлуатації типових металургійних машин і характер їх навантаження.

*1.2.1 Перевантажувальні грейферні козлові крани (рудні двори доменних цехів).* Технічні характеристики: вантажопідйомність – до 30 т; ємність грейфера – до 6 м<sup>3</sup>; загальна маса з вантажем – до 960 т.

Міст крана встановлений на двох опорах – твердої й гнучкої, кожна з яких опирається за допомогою балансирів на двовісні візок. Число ходових коліс – 32, механізм пересування кожної опори має 4 індивідуальних приводи, що складаються з асинхронного електродвигуна потужністю до 30 квт кожний і триступінчастий редуктор.

Пуск крана відбувається, як правило, за 4 з і супроводжується більшими динамічними навантаженнями в приводних валах механізму.

Ходові колеса під час пуску роблять приблизно півоберту, причому протягом 1 з від початку включення двигуна (що відповідає повороту ходових коліс на 20...25°) швидкості приводів малі й носять коливальний характер. Потім швидкість руху різко зростає, починається розгін крана.

Статичні навантаження від сил опору пересуванню крана малі стосовно номінальних моментів двигунів.

Порівняння динамічних і статичних навантажень показує, що максимальне відношення моментів сил пружності при сталому періоді до статичного моменту доходить до 10. Це відношення, безумовно, не може характеризувати завантаженість двигунів й їхню несучу здатність, але проте воно показує наскільки велике розходження між фактичними й статичними навантаженнями тільки від сил опору (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Приклад осцилограми механізму пересування козлового крану

*1.2.2 Механізм повороту кисневих конвертерів.* Цей механізм є одним з найбільш відповідальних, до яких пред'являються найвищі вимоги по надійності й безвідмовності в роботі.

Для конвертерів ємністю 100...160 т застосовують 6...8-руховий привод, для 300...400 т – 12-руховий двосторонній привод. Застосовуються двигуни фланцеві постійного току з убудованими дисковими гальмами, які надають руху швидкохідним редукторам, постачені пружинними демпферами, розташованими в корпусі редуктора. Пружинні демпфери й гідравлічні амортизатори дозволили значною мірою знизити динамічні навантаження й розгойдування корпусу.

У стаціонарних приводах 100-тонного конвертера залежно від кінематичних схем спостерігається більша нерівномірність розподілу навантажень між валами редукторів (коефіцієнт нерівномірності перебуває в діапазоні від 2 до 3), інтенсивні коливальні процеси в приводі й коливання корпусу конвертера, які можна спостерігати візуально (амплітуда таких коливань досягає 100 мм).

*1.2.3 Безперервні прокатні стани.* Характерною рисою безперервних смугових станів є те, що при навантаженні однієї із клітей динамічні процеси через смугу передаються на попередні кліті з появою навантажень, порівнянних з навантаженнями при захваті, а динамічні навантаження в головних лініях клітей при захваті металу можуть перевищувати момент прокатки у два рази.

При порушенні рівності обсягів металу, що проходить через кліті стана, відбувається перевантаження головної лінії будь якої кліті й виникає пробуксовка валків. У цьому випадку в приводах збуджуються крім звичайних загасаючих коливань коливання з постійними амплітудами – автоколивання.

#### 1.2.4 Обтискні стани. Особливості роботи обтискних станів:

- динамічний додаток навантажень у період захвата металу валками;
- буксування валків;
- удари злитків про валки;
- удари в зазорах головної лінії;
- різке підвищення технологічних навантажень внаслідок зменшення температури металу, упору заготовки, що прокатується, у лінійки, помилкове підвищення ступеню обтиснення.

Основна причина руйнувань – навантаження коливального характеру. Найбільш частим руйнуванням піддаються робітники валки, сполучні шпинделі, підшипники.

Іноді поломки шпинделя приводять до зриву з фундаменту шестеренної кліті й навіть головного електродвигуна через дію більших осьових сил, що виникають при косому зламі шпинделя.

### 1.3 Загальні властивості металургійних машин

Незалежно від призначення й конструктивних особливостей всі машини й, зокрема, металургійні машини, мають загальні властивості – пружністю ланок і здатністю за певних умов до порушення коливальних процесів. Тому теоретичні методи дослідження динамічних явищ у всіх машинах є загальними.

Привод будь-якої машини складається з елементів, які можна привести до зосереджених мас (ротор електродвигуна, маховики, що рухаються маси робочих органів машини й т.д.) і пружним зв'язкам (вали, муфти, зубчасті передачі, шпинделі й т.д.). Під дією зовнішніх навантажень (моменти електродвигунів і гальм, опір робочої машини) пружні елементи деформуються, а зосереджені маси обертаються з різними миттєвими швидкостями, і кожна з мас у деякі моменти часу випереджає або відстає від сусідньої. Пружні ланки між ними періодично закручуються й розкручуються зі збільшенням або зменшенням моменту сил пружності щодо переданого середнього моменту.

Змінна складова моменту від крутильних коливань може бути настільки велика, що сумарне миттєве значення періодично, моментів, що змінюються, сил пружності значно перевищить статичні й інерційні навантаження й може привести до перевантажень і поломок деталей машини. Вплив змінних напруг, крім того, є однією з основних причин втомленого руйнування деталей. Близько 90 % руйнувань деталей машин носять втомлений характер і відбуваються під дією змінних динамічних навантажень.

## **1.4 Основні напрямки зниження динамічності металургійних машин**

- Максимально можливе спрощення кінематичних схем.
- Раціональне розміщення приводів окремих механізмів у машинах з мінімальною довжиною приводних ліній.
- Спрощення конструкцій механізмів шляхом застосування індивідуальних приводів на кожен механізм, крім трансмісій і муфт включення; впровадження компактних приводів типу двигун-редуктор; використання планетарних, хвильових і тому подібних передач; використання безредукторних приводів.
- Більше широке впровадження гідро- і пневмоприводів, застосування комбінованих електрогідро- і пневмоприводів.
- Застосування багатодвигунових приводів, що поліпшують динамічні характеристики й підвищують надійність.
- Вибір на ЕОМ ще в стадії проектування оптимальних динамічних параметрів систем механізмів і машин.
- Розробка нових кінематичних схем і приводів.

*Література [1, с.350-403]; [2, с. 71-73, 87-89].*