

Ю.М. Кузнєцов, проф., д.-р. техн. наук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

Т.О. Хамуйєла, асп.

Кіровоградський національний технічний університет

Пружно-силові характеристики машинних лещат

В статті наведені результати теоретичних досліджень силових і пружних характеристик лещат з гвинтовим приводом. Вперше доведено, що сили різання змінюють силу затиску призматичної деталі залежно від співвідношення жорсткостей рухомої і нерухомої губок. Надані пропозиції по стабілізації сили затиску в лещатах незалежно від напрямку дії сили різання.

лещата з гвинтовим приводом, сила затиску, сила різання

Для затиску призматичних заготовок на металорізальних верстатах широко використовуються машинні лещата різних конструкцій з ручним і механічним приводом, більшість яких має два затискних елемента у вигляді рухомої і нерухомої губок [1, 2, 4].

На рис. 1 зображена конструктивна схема лещат Барановічського заводу верстатопристосувань (Білорусь), де за допомогою рукоятки 1 обертається гвинт 4 відносно нерухомої гайки 3, жорстко закріпленої у рухомій частині 2 з затискною губкою 5 (рухома губка). Правий кінець гвинта 4 розташований в нерухомій частині 7, до якої закріплена затискна губка 6 (нерухома губка), і підтиснутий пакетом тарілчастих пружин 9 до нерухомої частини 7 через упорний кульковий підшипник 8.

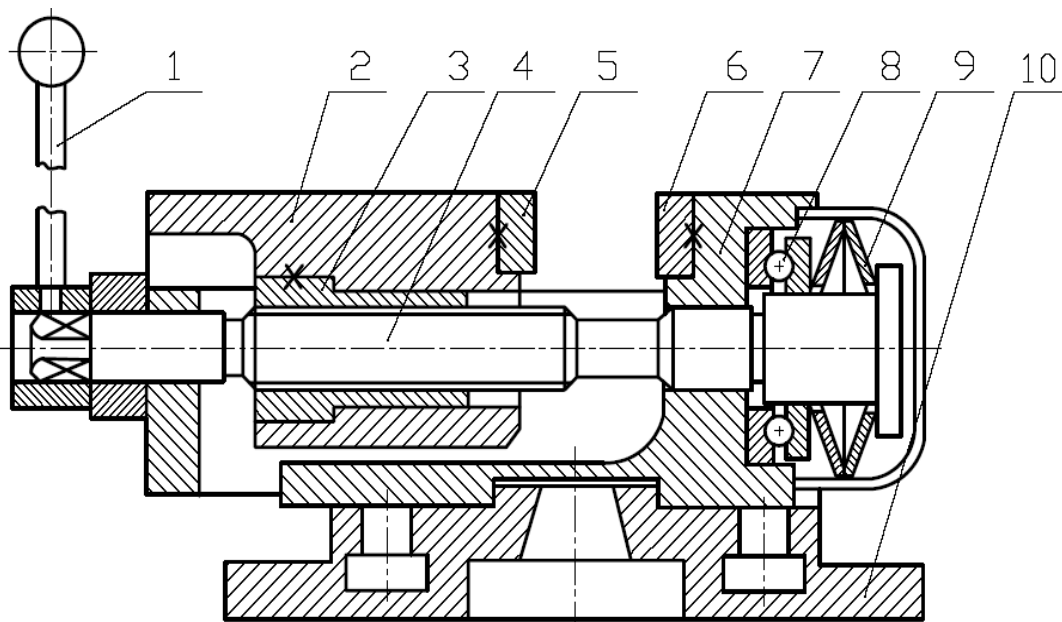


Рисунок 1 – Машинні лещата з ручним гвинтовим приводом

При закріпленні заготовки сумарна сила затиску складає

$$T_{\Sigma} = T_1 + T_2 = 2T, \quad (1)$$

де T_1 - сила затиску рухомою губкою 5;

T_2 - сила затиску нерухомою губкою 6.

Після затиску силовий контур замикається і знаходиться в рівновазі, тому $T_1 = T_2 = T$. При цьому кожна складова сили затиску залежить від жорсткості підсистем «лещата-деталь» з боку рухомої губки (C1) і нерухомої (C2), що визначає різні пружні переміщення [3], а саме $\delta_{01} = \frac{T_1}{C_1}$ і $\delta_{02} = \frac{T_2}{C_2}$ (рис.2).

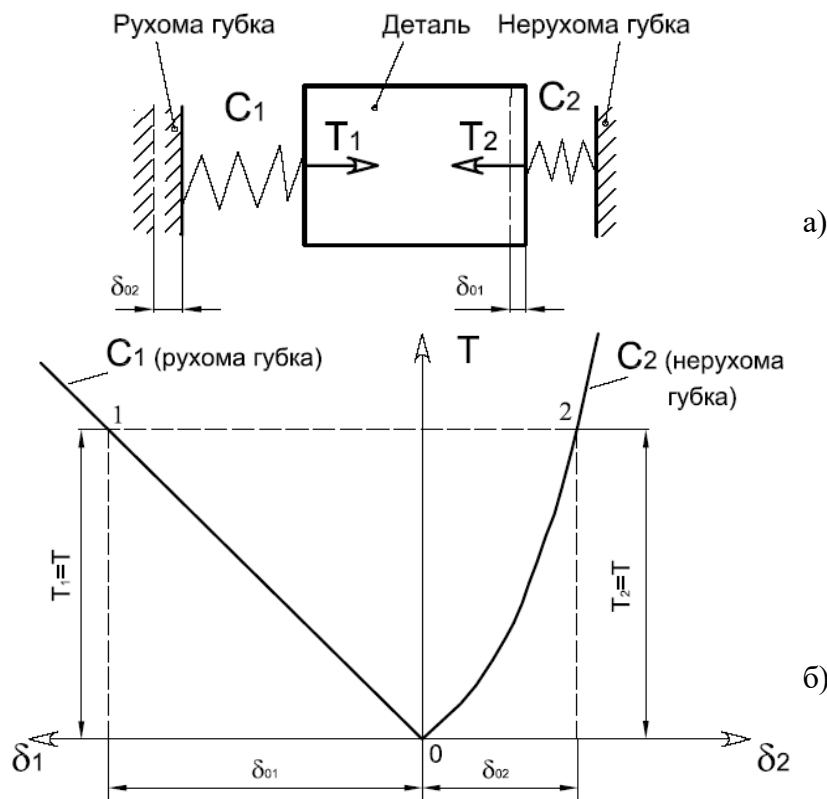


Рисунок 2 – Пружно-силова модель затиску деталі в лещатах (а) і її графічна інтерпретація (б)

Таким чином сумарна сила затиску дорівнює

$$T_{\Sigma} = C_1 \cdot \delta_{01} + C_2 \cdot \delta_{02}. \quad (2)$$

При $C_1 = C_2$ пружні переміщення з боку двох затискних губок теж однакові, тобто $\delta_{01} = \delta_{02}$.

Якщо з боку приводу затиску (рис.1), тобто гвинтової пари, в балансі пружних переміщень крім контактних зближень рухомої губки з деталлю і рухомою частиною є розтиск гвинта, контактні зближення пари гвинт-гайка та інші пружні переміщення (наприклад, деформація пакету тарілчастих пружин, контактні зближення в упорному шарикопідшипнику), то в існуючих конструкціях лещат жорсткість підсистеми з боку нерухомої губки (C2), де присутні тільки нелінійні контактні зближення, завжди більше жорсткості підсистеми з боку рухомої губки (C1), тобто $C2 > C1$ (рис. 2,б).

Нерівномірність жорсткості з боку затискних губок впливає на умови обробки деталей при різному напрямку дії сили різання P, тому що викликає різні додаткові пружні переміщення δ_1 і δ_2 (рис.3).

Розглянемо різні випадки:

I – сила P спрямована на рухому губку (+P), сила тертя рухомої частини лещат в напрямних не враховується ($F_{mp} = 0$);

II – сила P спрямована на нерухому губку (-P), $F_{mp} = 0$;

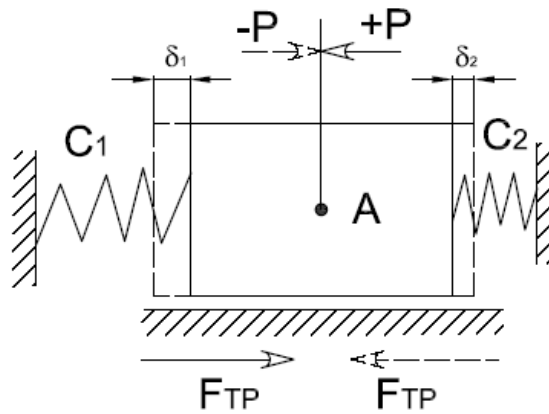


Рисунок 3 – Пружно-силова модель затиснутої в лещатах деталі при дії сили різання P в точці A на рухому (+ P) і нерухому (- P) губку

III – сила P спрямована на рухому губку і враховується сила тертя ($F_{mp} \neq 0$);

IV – сила P спрямована на нерухому губку, $F_{mp} \neq 0$.

Для I випадку при дії сили P виникає додаткове пружне переміщення рухомої губки на величину $\delta_1 = \frac{P}{C_1}$ (рис.4, а), що підвищує натяг до $\delta_{01} + \delta_1$ і силу T_1 до T_1' . В той же час сила T_2 зменшується до T_2' при зниженні натягу до $\delta_{02} - \delta_1$.

Для спрощення аналітичних залежностей, які несуттєво змінюють кількісну і якісну картину, прийнемо припущення, що контактна жорсткість C_2 лінійна, а жорсткість C_1 визначається жорсткістю гвинтової пари з її опорою і теж лінійна (рис. 4,б).

Враховуючи це припущення, для I випадку маємо

$$T_1' = T_1 + P = T + P;$$

$$T_2' = T_2 - C_2 \cdot \delta_1 = T - C_2 \cdot \frac{P}{C_1}.$$

Сумарна сила затиску при дії сили різання P буде

$$T_{\Sigma}' = T_1' + T_2' = T + P + T - P \frac{C_2}{C_1} = 2T - P \left(\frac{C_2}{C_1} - 1 \right). \quad (3)$$

Позначимо співвідношення $\frac{C_2}{C_1}$ через коефіцієнт нерівномірності жорсткості α_c .

Тоді

$$T_{\Sigma}' = 2T - P(\alpha_c - 1). \quad (4)$$

З формули (4) видно, що при $\alpha_c = 1$ ($C_2 = C_1$) сумарна сила затиску не змінюється, а при $\alpha_c > 1$, тобто при $C_2 > C_1$, і дії сили різання P сумарна сила затиску деталі зменшується, а при певних умовах може дорівнювати нулю. Це можливо при умові, коли

$$2T \leq P(\alpha_c - 1) \quad (5)$$

або

$$P \geq \frac{2T}{\alpha_c - 1}. \quad (6)$$

На рис. 5,а наведений графік залежності (межа) втрати сили затиску від коефіцієнта нерівномірності жорсткості α_c , звідки видно, що чим більше α_c , тим менше працездатність лещат. При такій схемі навантаження лещат зменшуються припустимі сили різання, тобто зменшуються режими різання (наприклад, фрезерування), внаслідок чого зменшується продуктивність обробки.

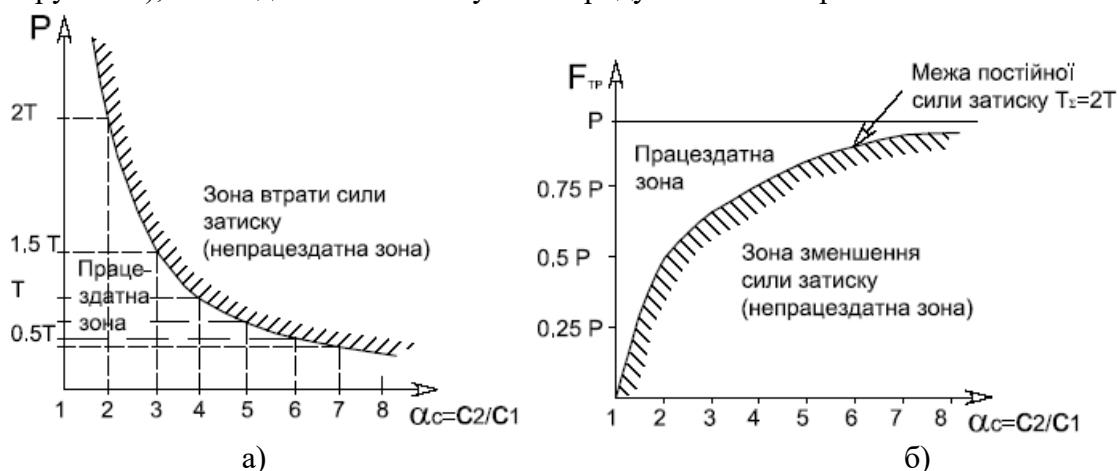


Рисунок 5 – Граничні зони працездатності лещат при дії сили різання на рухому губку:
а - випадок I; б - випадок III

Для II випадку (рис. 4, в) під дією сили P на нерухому губку виникає додаткове пружне переміщення нерухомої губки на величину $\delta_2 = \frac{P}{C_2}$, що підвищує натяг до $\delta_{02} + \delta_2$ і силу T_2 до $T_2' = T + P$. При цьому натяг з боку рухомої губки зменшується до $\delta_{01} - \delta_2$, а сила затиску T_1 до $T_1' = T_1 - C_1 \delta_2 = T - P \frac{C_1}{C_2} = T - \frac{P}{\alpha_c}$.

Сумарна сила затиску буде

$$T_{\Sigma}' = T + P + T - \frac{P}{\alpha_c} = 2T + P \left(1 - \frac{1}{\alpha_c} \right). \quad (7)$$

З формули (7) видно, що при $\alpha_c = 1$ ($C_2 = C_1$) сумарна сила затиску не змінюється, а при $\alpha_c > 1$ ($C_2 > C_1$) вона підвищується.

Для III випадку (I випадок з врахуванням сил тертя F_{mp}) під дією сили P на рухому губку додаткове пружне переміщення $\delta_1 = \frac{P - F_{mp}}{C_1}$, $T_1' = T + P$,

$T_2' = T - C_2 \frac{P - F_{mp}}{C_1} = T - \alpha_c (P - F_{mp})$, а сумарна сила затиску

$$T_{\Sigma}' = 2T - P(\alpha_c - 1) + F_{mp} \cdot \alpha_c. \quad (8)$$

З формули (8) видно, що сумарна сила затиску не змінюється ($T_{\Sigma}' = 2T$), коли $-P(\alpha_c - 1) + F_{mp} \cdot \alpha_c = 0$.

Це можливе при умові (крива на рис. 5,б) $F_{mp} = P \frac{\alpha_c - 1}{\alpha_c} = P \left(1 - \frac{1}{\alpha_c} \right)$.

При $F_{mp} > P\left(1 - \frac{1}{\alpha_c}\right)$ сумарна сила зменшується, а при $F_{mp} < P\left(1 - \frac{1}{\alpha_c}\right)$ –

збільшується (зони на рис. 5,б).

Для IV випадку (II випадок з врахуванням сил тертя) під дією сили P на нерухому губку виникає додаткове пружне переміщення нерухомої губки на величину

$\delta_2 = \frac{P}{C_2}$, що підвищує силу T2 до $T_2' = T + P$. При цьому сила T1 змінюється до

$T_1' = T - C_1 \cdot \delta_2 + F_{mp} = T - \frac{P}{\alpha_c} + F_{mp}$, а сумарна сила затиску складає

$$T_{\Sigma}' = 2T + P\left(1 - \frac{1}{\alpha_c}\right) + F_{mp}. \quad (9)$$

Аналіз формули (9) показує, що сумарна сила затиску не зменшується або збільшується при умові $P\left(1 - \frac{1}{\alpha_c}\right) + F_{mp} \geq 0$ або $F_{mp} \geq P\left(\frac{1}{\alpha_c} - 1\right)$.

Для позитивного значення сил F_{mp} і P виконання умови можливо при $\frac{1}{\alpha_y} - 1 \geq 0$,

тобто $\alpha_{y \max} \leq 1$ ($C_2 \leq C_1$).

З врахуванням III випадку (рис. 5, б) для $F_{mp} \leq P$ $\alpha_{c \min} \geq 0,5$ ($C_2 \geq 0,5C_1$).

Аналіз всіх випадків свідчить про те, що для стабілізації сили затиску деталі в лещатах при різанні або при її підвищенні потрібно забезпечити:

– приблизно однакову жорсткість підсистем «лещата – деталь» з боку рухомої і нерухомої губок, тобто $C_1 = C_2$, тобто $\alpha_c = 1$;

– умови, при яких сили тертя F_{mp} повинні бути менше сили різання P.

Список літератури

1. Кузнецов Ю.М., Крижанівський В.А., Хамуйела Т.О. Системно-морфологічний підхід при створенні затискних пристроїв для затиску призматичних заготовок // Наукові праці КНТУ. – 2004. - №5.
2. Кузнецов Ю.Н., Хамуйела Т.О., Неделчева П.М. Создание зажимных устройств с несколькими кинематическими цепями для призматических заготовок // Труды международной научной конференции «Унитех'05», Габрово, 24 – 25.11.2005г.
3. Кузнецов Ю.Н., Сяров С.П. Влияние процесса резания на характеристики зажима деталей в цанговых и кулачковых патронах // Технология и автоматизация машиностроения. – 1981. - №29.
4. Станочные приспособления: Справочник / Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.

В статье приведены результаты теоретических исследований силовых и упругих характеристик тисков с винтовым приводом. Впервые доказано, что силы резания изменяют силу зажима призматической детали в зависимости от соотношения жесткостей подвижной и неподвижной губок. Представлены предложения по стабилизации силы зажима в тисках независимо от направления действия силы резания.

In the article the results of theoretical researches of power and resilient descriptions of vises with a spiral drive are given. It is proved that cutting forces change clamping force of prismatic detail depending on correlation of rigidity of mobile and immobile sponges. Suggestions on stabilization of clamping force regardless of direction of cutting force are given.

Одержано 1.10.05