

УДК 621.73.016

Гожій С. П.
Ландар Р. М.
Носенко А. І.

КЛАСИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ

Особливістю устаткування для штампування обкочуванням (ШО) є наявність двох силових механізмів – осьового навантаження і обкочування, що викликає специфічне ексцентричне навантаження станини [1]. Виникає необхідність в підвищеній поперечній жорсткості машини. Основні виконавчі механізми цих машин є осцилятор (механізм обкочувального руху) і пристрій осьового навантаження, що забезпечують в сукупності гвинтовий рух довільної точки робочої поверхні активного (конічного) інструменту. Найбільш зручний пристрій осьового навантаження – гідравлічний силовий привод. Він забезпечує створення необхідного зусилля уздовж осі установки, постійну швидкість навантаження, просте регулювання параметрів і можливість захисту від перевантаження, що важко реалізувати в механічному приводі у вигляді гвинтової передачі [2] або кривошипно-шатунного механізму. Тому в якості базової машини зазвичай використовують гідравлічний прес або його основні елементи.

Звідсіля впливає два напрями створення обладнання для ШО: перший – спеціалізовані преси; другий – оснащення серійних гідравлічних пресів іншого технологічного призначення приставками обкочувального руху [3, 4]. В першому випадку ексцентричність навантаження станини можна врахувати на стадії проектування з забезпеченням необхідної жорсткості станини, а в другому, як правило, застосовується прес іншого технологічного призначення і з певним запасом по осьовому зусиллю.

Циклічність поперечного навантаження при ШО створює певні вимоги до поперечної жорсткості системи. Власна частота поперечних коливань повинна бути не меншою за п'ятикратну по відношенню до збуджуючої, тобто частоти прецесії:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (1)$$

де n – частота нутацій активного інструменту.

Якщо вважати коливання гармонійними, тоді поперечна жорсткість K визначається умовою:

$$K = \frac{\pi^2 n^2 M}{36},$$

де M – приведена маса коливальної системи з умовно зосереджуваними параметрами.

Не зважаючи на очевидні проблеми специфічного силового навантаження пресів для ШО питання створення наукових основ розрахунку їх станин залишається відкритим. Ця проблема також має дві практичні складові: – розробка методик розрахунку станин спеціалізованих пресів для ШО; – розробка методик перевірочних розрахунків при застосуванні серійного обладнання іншого технологічного призначення.

Мета даної статті – аналіз розвитку обладнання для ШО; створення на конкретних прикладах його класифікації за конструктивними ознаками та технологічними можливостями; обґрунтування доцільності класифікаційних ознак притаманних лише обладнання для ШО; виділення основних напрямків розробки цього класу машин з точки зору проектування та виробництва; формулювання завдань щодо динамічного розрахунку обладнання для ШО.

В світовій практиці відомо три базові конструкції спеціальних пресів, за винятком приставок. При цьому накопичений достатній досвід патентних пропозицій, що вимагає

системного підходу до їх аналізу на підставі певної класифікації. Класифікація машин для ШО приведена на рис. 1. Основним класифікаційною ознакою є конструктивні, технологічні та специфічні для ШО ознаки.

Широке розповсюдження дослідних зразків обладнання для ШО відноситься до 60-х років ХХ століття. На той момент сформувалися три основні типи конструктивних схем, що відрізняються конструкцією осцилятора при загальній для всіх гідравлічній системі осьового навантаження з верхнім або нижнім приводом. Перша схема – із стрижневим пресувачем 1 (рис. 2, а), друга – з плоским. Другий варіант може бути з підвісним пресувачем 2 (рис. 2, б) або опорним 3 (рис. 2, в). Основне призначення машин із стрижневим пресувачем 1 – об'ємне ШО; із плоским підвісним пресувачем 2 – витягування із потоншенням. Для цих типів машин характерне фіксоване положення вершини кута прецесії активного інструменту, співпадаюче з центром опори 0. Машини з плоским пресувачем опорного типу 3 – універсальні, положення вершини кута прецесії легко регулюється в широкому діапазоні. Ще одна особливість машин для ШО – це різні варіанти щодо відносного обертання та траєкторії обкочувальних рухів інструментів, зокрема найбільш розповсюдженим є кругові обкочувальні рухи.

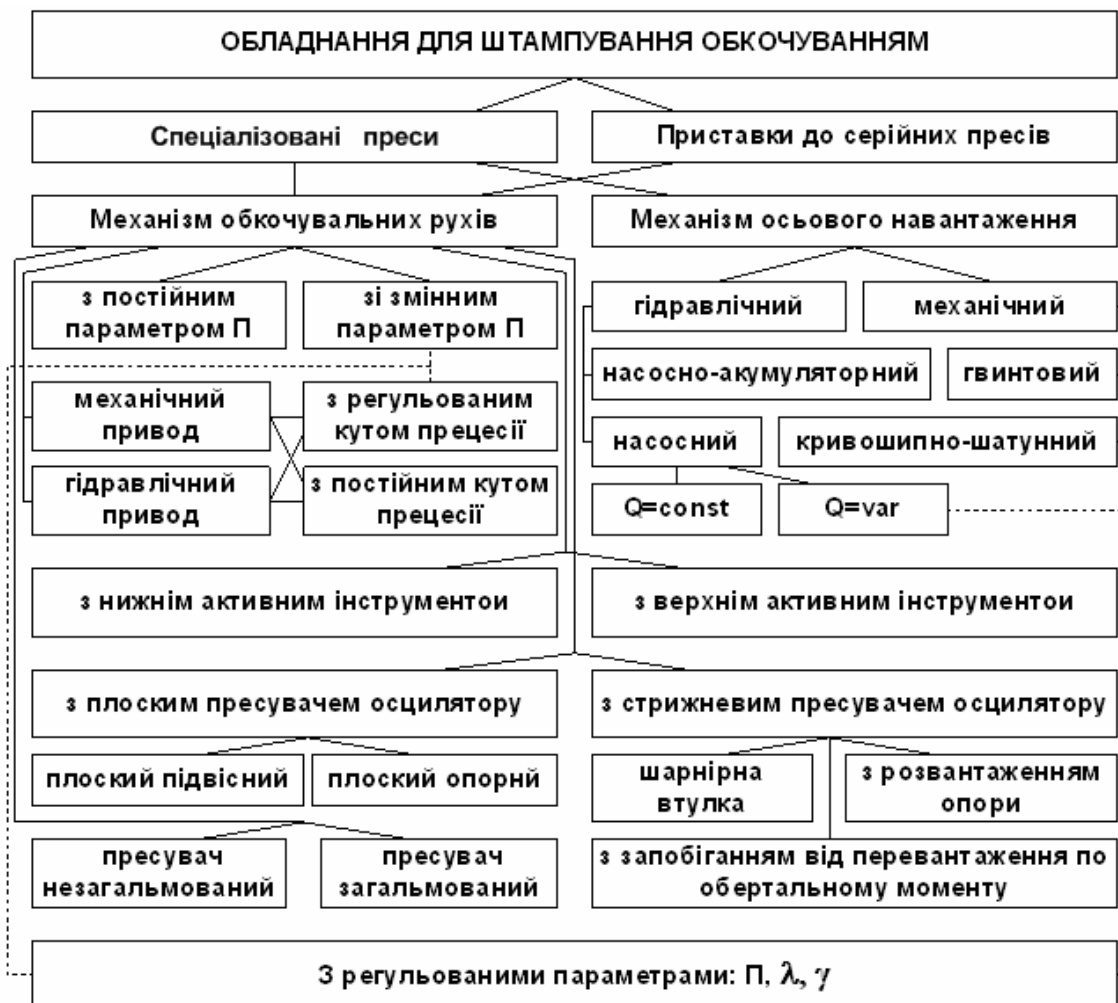


Рис. 1. Класифікація обладнання для штампування обкочуванням

Особливий вплив в області пресобудування для ШО надало створення польського преса РХW-100 конструкції З. Марциняка у Варшавському політехнічному інституті [5]. Осцилятор преса виконаний по схемі із стрижневим пресувачем. Особливість преса, на відміну до сферорухомого преса А. Н. Силичева [2], полягає в тому, що хвостовик водила встановлений в радіально-упорному сферичному підшипнику, закріпленому із можливістю зсуву вздовж вісі у втулці, що обертається, і яка охоплена додатковою ексцентриковою втулкою. Змінюючи частоту і напрям обертання ексцентрикових втулок, можна забезпечити чотири

різних типу траєкторії руху обкочувального інструменту. Модернізований прес РХW-100А з рухомою верхньою траверсою розвиває зусилля 1,6 МН, що еквівалентно традиційному пресу зусиллям 10МН. Частота прецесії збільшена до 180 об/хв.

При дослідженні геометрії контакту проф. Кривою Л.Т. уперше був введений розмірний параметр обробки Π [1], що зв'язує кінематичні параметри навантаження з геометричними характеристиками локалізованого осередку деформації. Для кругового обкочувального руху конусного активного інструменту з врахуванням (1):

$$\Pi = \frac{30 \cdot u}{\pi \cdot n \cdot \gamma} = \frac{S}{\pi \cdot n \cdot \gamma}, \quad (2)$$

де u – швидкість відносного зближення; S – циклове обтиснення; γ – кут прецесії.

Параметр обробки Π можна розглядати як класифікаційну ознаку обладнання для ШО. Виходячи з цього машини ШО можна розділити на дві групи: з постійним параметром обробки; із змінним параметром обробки.

Відомо, що однією з основних переваг ШО є 10...15-ти кратне зниження зусилля осевого навантаження, яке оцінюється показником λ ($\lambda = F_K/F$, де: λ – коефіцієнт співвідношення площ; F_K – площа контактної осередку деформації; F – площа торцевої поверхні, що оброблюється). У якості оптимального прийняте найбільше значення показника $\lambda \approx 1/12,6$ при якому поверхневе хвилеутворення не спостерігається. Тоді з (2) оптимальне значення параметра обробки дорівнюється:

$$\Pi_{\text{опт}} \approx 0,016 \times R_{\text{max}},$$

де R_{max} – кінцевий радіус заготовки.

Спеціалізовані преси РХW-100 і РХW-100А, що мають регульований параметр Π , випускалися в Польщі. У 1973 р. фірма VSI Automation Inc. (США) почала імпортувати станини польських пресів, оснащуючи їх за ліцензією власними штампами і гідростанціями. На тих же умовах почато виготовлення пресів для ШО мод. РХW-200 швейцарською фірмою SCHMID. Практикою не підтвердилася необхідність в зміні механізму обкочування і та ж фірма перейшла на випуск потужніших пресів Т-400 і Т-630.

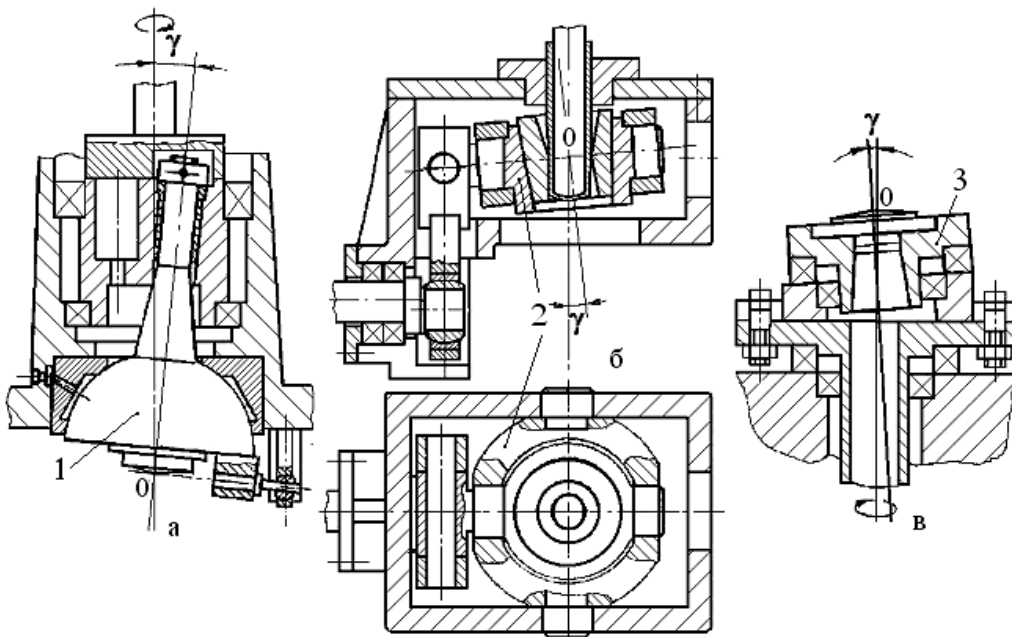


Рис. 2. Конструктивні схеми осциляторів (механізмів обкочувального руху):

а – для об'ємного штампування; б – витягування із стоншенням; в – конструкція з плоским пресувачем опорного типу; 1 – пресувач стрижневого типу; 2 – плоский підвісний пресувач; 3 – плоский опорний пресувач

У СРСР в ті ж роки набули поширення автономні приставки обкочувального руху, що встановлюються на серійні гідравлічні преси. Осцилятори із співвісним водилом проектувалися і виготовлялися ВПКТИЕлектро (назва рос.) і призначалися в основному для об'ємного ШО електротехнічних деталей із кольорових металів. Осцилятори-приставки з плоским підвісним пресувачем, використовувані спільно з гідропресами, випускалися по розробках Іжевського механічного інституту.

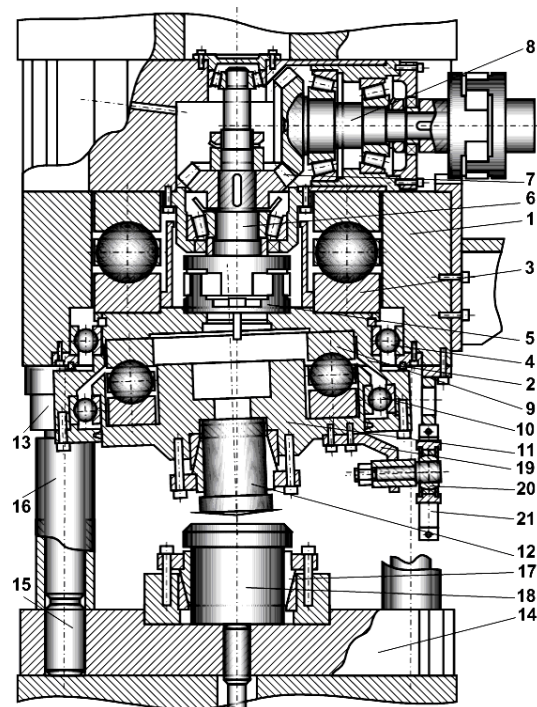
Прес С82.201 був першою на території колишнього СРСР спеціалізованою машиною для ШО [1]. Це спільна розробка КПП і ВАЗ. Прес виготовлений ВАЗ для власних потреб і призначений для ШО стрижньових фланцевих деталей з подовженою віссю (типу автомобільної навілосі). Осцилятор преса із співвісним водилом. Осьовий навантажувач приводиться в дію спареними телескопічними гідроциліндрами. Прес оснащений спеціальним столом, що відхиляється і забезпечує завантаження і вивантаження позаробочу зону. Конструкція захищена рядом авторських свідоцтв СРСР і іноземних патентів.

У всіх згаданих пресах привід осцилятора механічний. Першою розробкою суміщеного гідравлічного осцилятора-навантажувача є прес 108К [1]. У конструкції вирішуються відразу дві проблеми – розвантажується сферична опора від моменту тертя і забезпечується безступінчатє регулювання кінематичних параметрів преса. Коефіцієнт розвантаження постійний і не залежить від тиску в циліндрі навантаження.

Позитивним досвідом є створення приставки БШО-30/280 для ШО, яка призначена для роботи з серійним пресом ДБ2428 (див. рис. 3) номінальним зусиллям 630 кН (63 тс), який має штатне призначення – пресуванням виробів з пластмас [6]. Із-за ексцентричного прикладання технологічного зусилля номінальне розрахункове зусилля такої установки обмежене до 300 кН (30 тс) при частоті нутації активного інструменту 280 об/хв.



а



б

Рис. 3. Зовнішній вигляд блока для ШО БШО-30/280 (а) та його конструкція (б)

На рис. 3, а надано зовнішній вигляд блока для штампування обкочуванням БШО-30/280 в момент монтажу на гідравлічний прес моделі ДБ2428. Штамповий блок має таку конструкцію. На рис. 3, б показаний його поздовжній переріз. Механізм обкочування установки розміщений у верхній плиті 1, він складається з плоского пресувача 2, що опирається на опорний підшипник 3 та центрується радіальним підшипником 4. На пресувачі 2 встановлено пружну муфту 5, що з'єднана через вал 6, конічну передачу 7 та вал 8 з приводним

мотор-редуктором. В порожнистій розточці пресувача 2 на підшипниках опорному 9 та радіальному 10 встановлений інструментоутримувач 11 з зафіксованим у ньому нижнім інструментом 12. У верхню плиту 1 встановлені направляючі втулки 13, а в нижній плиті 14 – колонки 15. На колонки 15 надягнені упорні регулюючі втулки 16. В центральній частині нижньої плити 14 встановлено через конічні втулки 17 нижній інструмент 18.

При завершенні робочого ходу, при опорі направляючої втулки 13 на регулюючі втулки 16 остаточно формується торцева поверхня деталі, що забезпечує її площинність та точність висотного розміру. До інструментоутримувачу 11 кріпиться кронштейн 19 механізму стопоріння інструментоутримувача 11 від повороту. Кронштейн 19 через сферичний підшипник 20 взаємодіє з кронштейном 21, що жорстко кріпиться до верхній плити 1.

Схема навантаження і деформування при ШО приводить до ряду позитивних ефектів, що впливають безпосередньо на характеристики обладнання та оснащення [3, 4]:

- зниженню зусилля деформування в порівнянні з традиційними методами в 5...30 разів;
- можливістю обробки в холодному стані деталей, які раніш виготовлялись гарячою і навіпільгарячою обробкою на устаткуванні такого ж технологічного зусилля;
- створенню технологічних процесів і устаткування, що відповідають високим вимогам безпеки і умов праці, тому що процес ШО відрізняється низьким рівнем шуму, можливістю протіканням у холодному стані, можливістю механізації і автоматизації;
- зменшенню розмірів, ваги і вартості обладнання і штампового оснащення;
- можливістю реалізації ШО широкого спектру технологічних операцій.

Поряд з перерахованими перевагами ШО має меншу продуктивність в порівнянні з механічними ковальсько-пресовими машинами. Але при застосуванні засобів автоматизації із паралельним або суміщеним циклом роботи за рахунок мінімальних періодів завантаження-розвантаження продуктивність обладнання сягає за десятки ходів за хвилину [7].

Наведені особливості обладнання для ШО дають можливість зробити однозначний висновок, що воно ресурсозберігаюче та енергомістке, причому в комплексному розумінні. Це стосується і матеріальних витрат на обладнання та матеріали, і енергетичних та сировинних ресурсів, і якості отриманих деталей, які мають відповідно високий ресурс експлуатації.

Але, не дивлячись на позитивні якості технологічного процесу ШО, він не зайняв в сучасному вітчизняному металообробному виробництві достойного місця. В тому числі це пов'язано і з відсутністю доступного для вітчизняного виробника обладнання. Преси для ШО польського виробництва мод. PXW-100, PXW-200 та фірми SCHMID (прес Т-400 силою 4,0 МН; прес Т-630 силою 6,3 МН) мають високі технологічні можливості, але вони мають, і відповідну, високу ціну. Пропозиції російського обладнання (прес П2440 силою 1,0 МН; прес конструкції ВНИИМЕТМАШ (назва рос.) силою 1,6 МН; прес ПГСШ силою 2,0 МН) більш доступні за ціною, але не мають таких розгалужених можливостей як преси SCHMID і прилаштовані для гарячих процесів. На жаль, на теперішній момент повністю відсутні на ринку обладнання преси для ШО вітчизняного виробництва. Також треба відмітити, що в науковому плані однозначно не визначений шкідливий вплив циклічного навантаження станини пресу ексцентричним ротаційним технологічним навантаженням, з одного боку, та горизонтально діючою реакцією опори на здолаття технологічного зусилля, з другого. Не визначеними залишаються питання запобігання цього впливу та динамічного врівноваження горизонтальної реакції.

Для створення вітчизняного обладнання є всі передумови. Ціла низка вітчизняних підприємств має можливості виробляти обладнання для ШО, яке в своїй основі базується на гідравлічному пресі.

Важливою і перспективною є обставина, що витрати на розробку і створення преса для ШО складають у середньому 25 % від вартості звичайного преса аналогічних можливостей. Маса преса для ШО зусиллям 1,6 МН складає 8,2 т проти 135 т преса, що має рівні технологічні можливості працюючи за традиційною схемою навантаження [3, 4].

Ще можливий і здешевлений шлях створення обладнання – це оснащення серійного гідравлічного пресу механізмом обкочувального руху активного інструменту. При цьому втрачається частина конструктивних позитивних рис, які можливо врахувати в спеціалізованому

пресі, але результат швидкий і недорогий. Звертає на себе обставина, що наукові рекомендації щодо застосування серійного обладнання під облаштування приставками для ШО в досліджених літературних джерелах відсутні.

Аналіз технологій і конструкцій показує, що перспективними напрямками створення обладнання для ШО є розробка установок більш вузького призначення ніж преси фірми SCHMID, але технологічно максимально прилаштованих до конкретної номенклатури виробів. Таке обладнання легко оснащується пристроями, що розширюють технологічні можливості та забезпечують максимальну продуктивність. В тому числі, одним з показників такого обладнання для ШО є забезпечення роботи з постійним коефіцієнтом $\lambda = \text{const}$ [8].

На кафедрі механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів НТУУ «КПІ» проводяться пошукові роботи зі створення ефективних конструкцій оснащення для ШО. В рамках зазначеного проводяться експериментальні і теоретичні дослідження динамічного впливу зусиль на станину спеціалізованих та серійних пресів при ШО.

З метою налагодження серійного виробництва та задоволення попиту вітчизняних виробників в обладнанні для локалізованого пластичного формоутворення поводить постійний пошук партнерів – виробників ковальсько-штампувального обладнання.

ВИСНОВКИ

На підставі проведеного аналізу промислового застосування технологічних процесів та оснащення для ШО, що пропонується на ринку обладнання:

- обґрунтовані і запропоновані класифікаційні ознаки обладнання для ШО;
- розроблена детальна класифікація обладнання;
- проаналізовані і запропоновані шляхи створення обладнання для ШО;
- визначені основні напрямки подальшого дослідження обладнання для ШО.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кривда Л. Т. Теорія і практика штампування обкочуванням : монографія / Л. Т. Кривда. – Київ, 1998. – 179 с.
2. Силичев А. Н. Винтовой пресс / А. Н. Силичев // Бюллетень изобретений : свид. СССР № 260408. – 1970. – № 3.
3. Гожій С. П. Засади і проблеми використання ресурсозберігаючих технологій обробки металів тиском / С. П. Гожій // Технологические системы. – 2006. – № 2 (34). – С. 64–68.
4. Гожій С. П. Сучасні ресурсозберігаючі технологічні процеси виготовлення осесиметричних деталей / С. П. Гожій // Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». – 2006. – № 48. – С. 172–177. – (Серия «Машиностроение»).
5. Марциняк З. Холодная объемная штамповка методом обкатки / З. Марциняк // Кузнечно-штамповочное производство. – 1970. – № 9. – С. 18–20.
6. Кривда Л. Т. Блок для штамповки обкатыванием / Л. Т. Кривда, С. П. Гожій // Вестник Киевского политехнического института. – Машиностроение, 1993. – Вып. № 30. – С. 67–72.
7. Кривда Л. Т. Технологічний процес і обладнання для виготовлення кільцевих деталей штампуванням обкочуванням в автоматичному режимі / Л. Т. Кривда, С. П. Гожій // Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». – 2003. – № 46. – С. 31–33. – (Серия Машиностроение).
8. Гожій С. П. Модель деформацій при осаджуванні обкочуванням високого циліндричного зразка / С. П. Гожій // Машинознавство. – 2009. – № 7 (145). – С. 34–37.

Гожій С. П. – д-р техн. наук, доц. НТУУ «КПІ»;

Ландар Р. М. – магістр НТУУ «КПІ»;

Носенко А. І. – магістр НТУУ «КПІ».

НТУУ «КПІ» – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ.

E-mail: s.godziy@kpi.ua