

УДК: 621.2.082.18

ТЕРТЯ АКТИВНОЇ ДІЇ - РЕЗЕРВ РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ

Ванін О. В.

Первомайський політехнічний інститут
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,
Україна, Первомайськ

У статті було обґрунтовано дії сил тертя в процесах обробки тиском, що дозволило виділити три види тертя: тертя опору; тертя, що частково сприяє поліпшенню технологічних процесів і тертя, яке є засобом інтенсифікації процесів, які приводять до появи нових способів обробки тиском і обладнання для їх реалізації. Опрацьовано та проаналізовано взаємозв'язок контактної тертя і пластичної деформації при обробці тиском та його значний вплив, як на кількісні, так і на якісні результати процесів формозміни. Визначена роль контактної тертя в обробці металів тиском.

Ключові слова: контактне тертя, пластична деформація, обробка тиском, деформуюча сила, мастильний шар, гідростатичне пресування, холодне зворотне видавлювання.

Преподаватель, Ванин А. В. Трение активного действия – резерв расширения технологических возможностей процессов обработки материалов давлением / Первомайский политехнический институт Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина, Первомайск

В статье было обосновано действие сил трения в процессах обработки давлением, что позволило выделить три вида трения: трение сопротивления; трения которое частично способствует улучшению технологических процессов и трения, которое является средством интенсификации процессов, приводящее к появлению новых способов обработки давлением и оборудования для их реализации. Обработаны и проанализированы взаимосвязь контактного трения и пластической деформации при обработке давлением и его значительное влияние, как на количественные, так и на качественные результаты процессов формоизменения. Определенная роль контактного трения в обработке металлов давлением.

Ключевые слова: контактное трение, пластическая деформация, обработка давлением, деформирующая сила, смазочный слой, гидростатическое прессование, холодное обратное выдавливание.

Vanin A. V. Friction active action - a reserve expansion process materials processing capabilities pressurized / Pervomayskiy Polytechnic Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine, Pervomaisk

This article was justified by the action of the friction forces in the process of forming, allowing to distinguish three kinds of friction: friction resistance; friction is partly contributes to the improvement of processes and friction, which is the means to intensify the processes leading to the emergence of new ways of forming and equipment for their implementation. Processed and analyzed the relationship of contact friction and plastic deformation by pressure treatment and a significant impact on both the quantitative and qualitative results forming process. The specific role of contact friction in metal forming.

Keywords: contact friction, plastic deformation, pressure processing, deforming force, lubricating layer, hydrostatic pressing, cold extrusion reverse.

Вступ. Контактне тертя і пластична деформація при обробці тиском тісно взаємопов'язані, так як граничні умови надають значний вплив, як на кількісні, так і на якісні результати процесів формозміни. Роль контактного тертя в обробці металів тиском надзвичайно велика, оскільки саме вплив тертя не тільки визначає напружено-деформований стан пластично оброблюваного матеріалу, неоднорідність деформації, енерговитрати на процес, стійкість інструменту, якість одержуваних виробів [1,2], але навіть може змінити механічну схему деформації [3]. Саме цим пояснюється велика увага, що приділяється в процесах обробки тиском зовнішнього тертя.

Аналіз дії сил тертя в процесах обробки тиском дозволяє виділити три види тертя: тертя що чинить опір; тертя, яке частково сприяє поліпшенню технологічних процесів і тертя, яке є засобом інтенсифікації процесів, та яке призвело до появи нових способів обробки тиском і обладнання для їх реалізації.

У більшості процесів обробки тиском тертя що чинить опір є шкідливим фактором, так як збільшує силу деформування, знижує стійкість інструменту, перешкоджає течії матеріалу уздовж поверхні контакту з інструментом, підвищуючи нерівномірність деформації в виробах. При штампуванні тертя ускладнює заповнення глибоких порожнин штампу, при пресуванні алюмінієвих сплавів які важко деформуються – обмежує швидкість витікання металу і продуктивність обладнання. Тертя є і основною причиною багатьох дефектів у виробах: не заповнення фігури штампа, затискачі, тріщини, неоднорідність структури і властивостей одержуваних напівфабрикатів і виробів і ін.

Зменшення негативної дії тертя що чинить опір на результати обробки тиском здійснюється різними способами: використанням мастил, застосуванням оптимальної геометрії інструменту, накладенням коливань на деформуючий інструмент або його елементи, використанням «плаваючих» матриць при зворотному видавлюванні.

Найбільш поширеним способом зниження деформуючої сили є використання мастил. Застосування ефективних мастил при пресуванні знижує навантаження на інструмент на 30-50% [4 та ін.], при видавлюванні - до 15 - 20% [5]. Крім того, мастила покращують якість поверхні виробів, які одержують холодним листовим штампуванням [4], холодним пресуванням [4], гарячим об'ємним штампуванням [4], вони теплоізолюють і захищають поверхню нагрітих заготовок від окислення [4]. Пресування сталей і титанових сплавів практично нездійсненні без застосування мастила [5]. Найбільший ефект зниження деформуючої сили і нерівномірності деформацій у виробах досягається при гідростатичному пресуванні.

І все ж мастила не є універсальним засобом усунення негативного впливу тертя що чинить опір, і застосування навіть новітніх мастил не призводить до подальшого зниження деформуючих сил і суттєвого зменшення нерівномірності деформацій у виробах.

Крім того, до мастил пред'являється цілий ряд вимог. Вони повинні: мати здатність зберігати цілісність мастильного шару при високих тисках і виключати можливість корозії металу заготовки та інструменту; не містити токсичні складові; мати низьку теплопровідність; легко наноситися на заготовки і віддалятися з виробу [2], мати низьку вартість і бути екологічно безпечними.

Разом з тим ряд процесів обробки тиском, таких як прокатка, вальцовка, без сил тертя не можуть бути здійснені в принципі. В цих процесах тертя не тільки корисно, але необхідно і відіграє активну роль. У процесах обробки тиском, коли тертя з боку деформуючого інструменту сприяє руху матеріалу по напрямку своєї дії, тобто коли вектори дії тертя і руху матеріалу однонаправлені, таке тертя було названо тертям активної дії.

У таких процесах листового штампування, як витяжка з утонченням стінки і отбортовка, незважаючи на невелике поле дії, активне тертя дозволяє підвищити допустиму величину ступеня деформації приблизно на 10% [6]. При волочіння на рухомий оправці, коли швидкість оправлення дорівнює швидкості волочіння, можливе підвищення допустимого коефіцієнта витяжки майже в півтора рази. При прямому і зворотному пресуванні труб голка, яка переміщується в бік закінчення металу зі швидкістю пуансона, за рахунок активного прояву тертя зменшує нерівномірність течії металу в поперечному перерізі заготовки і впливає на перебіг металу в обжимаються частини пластичної зони у матриці [3]. Очевидно, що, як і тертя, що чинить опір дії [1], активне тертя впливає на характер і нерівномірність об'ємної деформації, але в протизагу першому, зменшує нерівномірність деформацій в виробах і є одним з дієвих засобів розширення можливостей і інтенсифікації процесів обробки тиском.

Пошук засобів зменшення нерівномірності деформації при компактуванні матеріалів і витісненні в порошкової металургії привели до появи в 40-х роках «плаваючих» матриць. Трохи пізніше активна дія сил тертя з боку голки і матриці вже використовується для зменшення

нерівномірності розподілу щільності по висоті і поперечному перерізу порожнистих заготовок і виробів з порошкових матеріалів з відношенням висоти (h) до товщини стінки (δ) або діаметру (d) h/δ або $(h/d) \geq 4$.

На початку 60-х років минулого століття тертя активної дії ефективно використовується для інтенсифікації процесів пресування з використанням обертових матриць, гарячого і холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів (рис. 1, а) [4]. При зворотному видавлюванні порожнистих виробів (рис. 1, а) висотою менше діаметра активна дія сил тертя знижує силу видавлювання на 20- 30%, нерівномірність деформацій в виробах, підвищує стійкість пуансонів і граничні ступеня деформації [6].

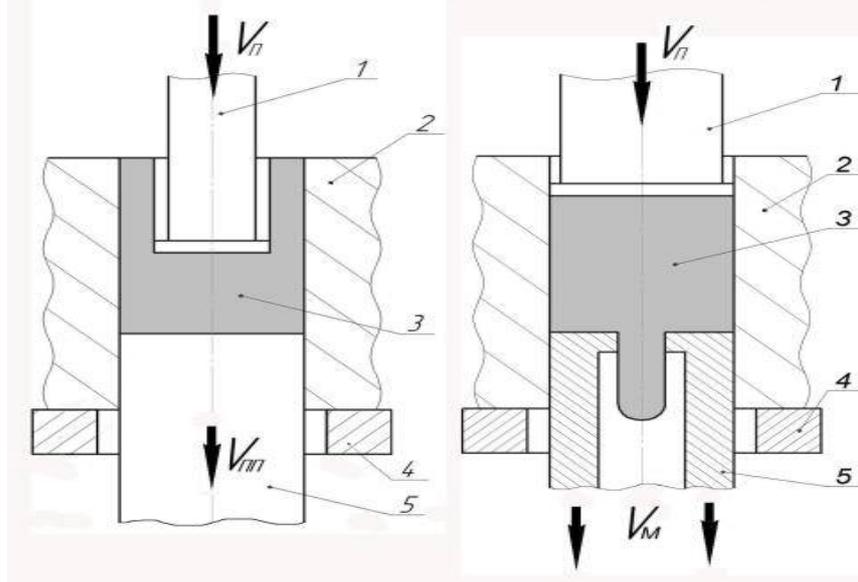


Рисунок 1. Схеми зворотного видавлювання полого виробу (а) і пресування прутка (б) з активною дією сил тертя: 1 - пуансон; 2 - контейнер; 3 - заготовка; 4 - плита; 5 - протівопуансон; 6 - матриця

При пресуванні (рис. 1, б) великі величини тисків, поверхні контакту заготовки з контейнером і величина активної сили тертя, складова в початковій стадії процесу до 80-90% повної сили деформування, принципово змінюють протягом металу в контейнері. Такий характер перебігу зменшує нерівномірність закінчення металу з контейнера, знижує величину залишкових напружень в одержуваному виробі, що дозволяє підвищити максимальні швидкості закінчення алюмінієвих сплавів, що трудно формуються і зменшує величину відходів металу в прес-залишок [5]. Цей процес найбільш ефективний при деформації з коефіцієнтом витяжки не більше 30-ти і знижених температурах пресування. За даними виконаних до теперішнього часу досліджень область раціонального застосування процесу - отримання виробів відповідального призначення з малопластичних алюмінієвих сплавів з мінімальною нерівномірністю структури і властивостей по довжині і поперечному перерізу. Слід зазначити відсутність робіт з дослідження даного процесу стосовно інших сплавів, пресованих без застосування мастила.

З наведених даних випливає, що тертя активної дії при зворотному видавлюванні і пресуванні є найбільш ефективним засобом інтенсифікації цих процесів.

Аналіз опублікованих робіт про вплив сил тертя активного дії на результати обробки матеріалів тиском дозволяє констатувати наступне.

1. Активна дія сил тертя надає тим більший позитивний ефект на результати процесів обробки тиском, чим більше поверхня його дії і велика величина сили тертя в загальній сумі енерговитрат на процес.

2. Активне тертя при максимальній його величині, тобто при відсутності мастила на поверхні його дії, є найбільш дієвим засобом інтенсифікації процесів обробки матеріалів тиском.

3. Доцільно розширення способів обробки тиском різних матеріалів з використанням тертя активної дії.

У промисловості найбільш поширений спосіб холодного зворотного видавлювання сталевих виробів типу «стакан» невеликих розмірів з відношенням висоти до діаметра не більше 2-х з-за високих тисків на інструмент порівнянних його з межею міцності. Використання тертя активної дії при холодному видавлюванні стаканів з міді М1 і латуні ЛС62 дозволило отримати стакани висотою в 2-3 рази більшою ніж при звичайному видавлюванні. При гарячому видавлюванні стакану зі сталі 20Х зі ступенем деформації 34% отримані вироби з тонким дном висотою понад 2,5 діаметрів. Це свідчить про доцільність використання активного тертя при гарячому режимі деформування матеріалів, яке розширює технологічні можливості отримання глибоких порожнистих виробів великих розмірів [6].

Після роботи над працями відомих науковців, таких як Павлов І.М., Колмогоров А.Н., Охрименко Я.М. та ін., проведений автором аналіз процесу гарячого зворотного видавлювання за допомогою програмного комплексу QForm, дозволив отримати нові дані про такий процес. Лабораторні дослідження проводилися на зразках зі свинцю С1.

Розглянемо вплив сили тертя активної дії на результати процесу гарячого зворотного видавлювання заготовок з відношенням висоти до діаметру

$h/d \square 2$, при якому поверхня активної дії між деформованою заготовкою і контейнером (матрицею) істотно більше.

Видавлювання проводили без змащення заготовок в контейнері з роз'ємними шорсткими напіввтулками, що забезпечують максимальну силу тертя на бічній поверхні заготовки. В цьому випадку деформація від сили тертя поширюється на всю область заготовки під пуансоном. Активна дія сили тертя призводить до інтенсивної радіальної течії металу заготовки і сприяє течії металу периферійної зони всієї заготовки в напрямку закінчення металу в кільцевий зазор між пуансоном і контейнером. Наслідком такого перебігу металу є значне, більше 40%, зниження сили прикладеної до пуансону, що дозволяє підвищити його стійкість, збільшити граничні ступеня деформації і розміри одержуваних виробів.

Тензометрування процесу показує, що сума сил активного тертя (P_{Tp}) і сили, прикладеної до пуансону ($P_{П}$), становить силу видавлювання (P_B), тобто сила тертя є частиною деформуючої сили. Повна сила видавлювання з активним тертям трохи вище (не більше ніж на 7-10%), ніж при звичайному зворотному видавлюванні, тобто вимагає кілька підвищених енерговитрат, що є недоліком процесу. Тому реалізація цього процесу вимагає додаткового приводу контейнера, який повинен зміщуватися в бік закінчення металу зі швидкістю рівною або трохи перевищує швидкість витікання металу. Цей недолік може бути усунутий при видавлюванні на гідравлічних пресах, що мають гідравлічний виштовхувач [6], або шляхом деякої модернізації гідравлічного преса [1].

Математичне моделювання процесу гарячого видавлювання стакану з алюмінієвого сплаву АК6 виконано в наступних умовах: спосіб видавлювання - звичайний зворотний і в умовах активної дії сил тертя; видавлювання без змащення заготовки; розміри заготовки $h = 100$ мм; $d = 80$ мм; температура заготовки 450°C , контейнера - 350°C ; ступінь деформації $\varepsilon = 0,5$; швидкість деформування $V_{II} = 10$ мм / с.

Характер зміни сил деформування і їх співвідношення добре узгоджуються з даними лабораторних досліджень. Вперше були отримали розрахункові дані про напружений стан заготовки. Вони показують, що активна дія сил тертя не змінює схему напружень в заготовці що деформується, але значно змінює співвідношення і величину головних нормальних і середніх напружень [1]. По всій області заготовки під пуансоном діють тільки стискаючі напруги. Напруги які розтягуються, не перевищують 60 МПа, мають місце тільки у великій області заготовки яка примикає до пуансону на виході металу в кільцевий зазор між його калібрувальним пояском і контейнером. В іншій частині заготовки діють стискаючі напруги, але величина осьових напружень на 35-40%, радіальних і окружних - на 50% нижче, ніж при зворотному видавлюванні. Величина середніх напружень в заготівлі зменшується також на 50%, що є поясненням значного зниження сили деформування, яка додається до пуансону.

Величина активної сили тертя між заготовкою і контейнером майже в 3 рази більше, ніж при зворотному видавлюванні, тому що вона діє не тільки в центрі пластичної деформації, як при звичайному зворотному видавлюванні, а по всій поверхні контакту заготовки з контейнером. Таким чином, гаряче зворотне видавлювання без змащення заготовки при активній дії сил тертя створює за рахунок пом'якшення схеми напруг найбільш сприятливі умови отримання порожнистих виробів, значно більших розмірів, ніж холодне видавлювання.

За даними лабораторних досліджень максимальне зниження сили деформування має місце при ступеня деформації близько 0,5. Зниження і збільшення ступеня деформації веде до зростання деформуючої сили [6].

Додаткове зниження сили деформування може забезпечити виконання робочої поверхні контейнера (при видавлюванні його називають матрицею) з кутом конусності, що не перевищує 30 хвилин.

Висновки. Таким чином, отримані результати досліджень процесу гарячого зворотного видавлювання з активною дією сил дозволяють обґрунтовано рекомендувати його для реалізації в промислових умовах з метою отримання порожнистих виробів середніх і великих розмірів збільшеної довжини, в тому числі зі складною геометрією зовнішньої поверхні, але останніх - тільки при використанні рознімних матриць.

Література:

1. Атрошенко А. П. Горячая штамповка труднодеформируемых материалов. / С. И. Федоров. – Л.: Машиностроение, 1979. – 287 с.
2. Журавлев А. З. Основы теории штамповки в закрытых штампах. – М.: Машиностроение, 1973. – 224 с.
3. Исаченков Е. И. Контактное трение и смазки при обработке металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
4. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением / Леванов А. Н., Колмогоров В. Л., Буркин С. П. и др. – М.: Металлургия, 1976. – 416 с.
5. Прозоров Л. В. Прессование стали и тугоплавких сплавов. – М.: Машиностроение, 1969. – 244 с.
6. Охрименко Я. М. Анализ влияния активного трения на результаты обработки давлением / Я. М. Охрименко, В. Л. Бережной, Б. С. Мороз, В. Н. Щерба // Теория и технология обработки металлов давлением: Науч. тр. № 81. – М., 1975. – С. 175–182.

References:

1. Atroshenko A. P. Hot stamping hard-materials. / S. I. Fedorov. - L.: Engineering, 1979. - 287 p.
2. Zhuravlev A. Z. Fundamentals of the theory of forming in closed dies. - M.: Engineering, 1973. - 224 p.
3. E. I. Isachenkov Contact friction and lubrication in the processing of metals pressure. - M.: Engineering, 1978. - 208 p.
4. Contact the friction in the process of metal forming / Levanov AN Kolmogorov V. L., SP Burkin etc. - M: Metallurgy, 1976. - 416 p.
5. L. Prozorov Pressing of steel and refractory alloys. - M.: Engineering, 1969. - 244 p.
6. Okhrimenko Y. M. Analysis of the impact of active friction results Forming / Y. M. Okhrimenko, V. L. Berezhnaya, B. S. Frost, V. N. Scherba // Theory and metal pressure processing technology: to learn. tr. Number 81. - M., 1975. - P. 175-182.