

ВЕСТНИК МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Ежемесячный
научно-технический журнал*

ОРГАН МИНИСТЕРСТВ:
ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ,
МАШИНОСТРОЕНИЯ,
ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ,
СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ,



Год издания XXXVI

МАЙ



1 9 5 6

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МАШГИЗ • МОСКВА

СОДЕРЖАНИЕ

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МАШИН

- Башта Т. М., д-р техн. наук проф. — Дроссельное регулирование расхода жидкости 3
Гаткин Н. Г., канд. техн. наук, и Фарбер А. М., канд. техн. наук — Анализ качества машин и механизмов по шуму 6
Немировский А. С., канд. техн. наук — Расчет конвейерных звездочек, имеющих пропущенные зубья 8
Мельников Н. В., инж. — Мостовой кран с электророталяю минимальной высоты 9

Испытания

- Рокотян Е. С., канд. техн. наук, и Меерович И. М., канд. техн. наук — Измерение давления металла на валки универсальной месдозы 10
Лосиков Б. В., д-р техн. наук проф., и Александрова Л. А., канд. техн. наук — Ингибиторы ржавления в смазочных маслах для периодически работающих машин 12

Новые машины

- Приходько Н. А., инж., и Арнольд Н. П., инж. — Автоматические линии для обработки ступенчатых валов 16
Крылов Н. И., инж. — Планетарные летучие ножицы 26

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

- Дербишер А. В., канд. техн. наук — Автоматизация и механизация производства на ИПЗ имени Л. М. Кагановича 29

Обработка металлов резанием

- Кучма Л. К., канд. техн. наук — Работа резца с виброгасящей фаской 37
Каменев Н. А., канд. техн. наук, и Михайлов А. А., канд. техн. наук — Разрушение хромированных деталей от шлифовочных трещин 43

- Шевченко Н. А., д-р техн. наук проф. — Действительное сечение среза 46

Обработка металлов давлением

- Мещерин В. Т., д-р техн. наук проф. — Пути повышения производительности труда в листоштамповочном производстве 50
Масленников Н. А., канд. техн. наук — Беспруансонная глубокая вытяжка тонколистового металла силами трения 59
Погорелов В. И., канд. техн. наук — Гидравлический трансформатор давления 63

Методы повышения качества поверхностных слоев

- Кичкин И. И., инж. — Термоэлектронское упрочнение деталей машин 65
Дробанцева Н. Т., канд. техн. наук — Окрашенные хромовые покрытия 68

Модернизация оборудования

- Протасов В. И., инж. — Опыт модернизации оборудования на Челябинском Кировском заводе 69

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

- Холомина О. А., канд. экон. наук, и Сидашенко В. М., инж.-экономист — Организация инструментального хозяйства на заводе крупносерийного производства 76

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- Левинсон Н. Г., канд. техн. наук — Электроника на службе управления производством (Обзор зарубежной техники) 87

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Письмо в редакцию — Л. А. Князьков 91
Авторефераты диссертаций 92
Новые книги 92
Обзор иностранных журналов 93

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ: Вяткин А. Е. (председатель Редакционного совета), Ассонов А. Д., Ачеркан Н. С., Барановский Е. А., Бауман В. А., Бобырев Т. Р., Грановский Г. И., Демьянюк Ф. С., Доллежал Н. А., Жербин С. М., Зубок В. Н., Исаев А. И., Козьякин А. И., Кугель Р. В. (председатель Секции расчета и конструирования машин и их деталей), Лозинский М. Г., Николаев Г. А., Петров А. С., Петрусевич А. И., Просвирина В. И., Решетов Д. Н., Рыбальченко А. М., Саксаганский Т. Д., Сателъ Э. А., Серенсен С. В., Сторожев М. В. (председатель Секции технологии, организации и экономики производства), Умнягин М. Г., Хрущов М. М., Целиков А. И., Чернушевич В. А., Шамин Н. А., Шукин М. Н.

Главный редактор А. Е. ВЯТКИН

Зам. главного редактора А. А. КОРОЛЕВ

ИЗДАТЕЛЬ — МАШГИЗ

кой деталей соотношение времени отдельных элементов будет, конечно, различным, а один из основных показателей — машинное время — при существующей методике нормирования будет одинаковым. Повидимому, правильнее под основным (технологическим) временем подразумевать продолжительность контакта подвижной рабочей части (пуансона или матрицы) с штампуемым материалом.

Проведение изложенных технических и организационных мероприятий по совершенствованию листоштамповочного производства будет способствовать выполнению директив XX съезда КПСС, предусматривающих значительное повышение производительности труда за счет лучшего использования существующего оборудования и внедрения новой техники.

Беспуансонная глубокая вытяжка тонколистового металла силами трения

Канд. техн. наук Н. А. МАСЛЕННИКОВ

Главным недостатком существующего способа глубокой вытяжки тонколистовых металлов является многооперационность, требующая применения большого количества переходных штампов и промежуточной термообработки деталей.

Многооперационность вызывается тем, что существующая силовая схема штамповки-вытяжки приводит к образованию на детали опасного сечения, находящегося в зоне перехода закругления пуансона в его цилиндрическую часть. Чрезвычайная перенапряженность металла в опасном сечении, вызываемая главным образом неблагоприятными в смысле прочности растягивающими напряжениями, ограничивает возможность увеличения коэффициента вытяжки на первом переходе.

Для устранения указанных неблагоприятных условий деформации металла автором был разработан и исследован новый технологический процесс глубокой штамповки-вытяжки листовых металлов силами трения. Применение этого процесса позволило значительно сократить число переходов за счет увеличения предельного коэффициента вытяжки на первом переходе. Так, для сплавов алюминия предельный коэффициент вытяжки был увеличен с 2,0—2,5 до 6,5—7,0, а число переходов сокращено с восьми до одного.

Сущность нового процесса заключается в изменении силовой схемы штамповки-вытяжки.

Как известно, при обычной вытяжке полное усилие складывается из сил, необходимых для пластического деформирования фланца заготовки, суммарных сил, необходимых для перегиба материала вокруг протяжного ребра матрицы и пуансона, и суммарных сил трения прижима о заготовку и заготовки о матрицу. Силы, необходимые для пластического деформирования фланца заготовки и для перегиба материала вокруг протяжного ребра матрицы и пуансона, не могут быть изменены внешним воздействием, так как их величина зависит исключительно от механических свойств и пластического состояния штампуемого металла. Изменить можно лишь силы трения, которые зависят от факторов, легко поддающихся воздействию (сорта смазки, величины усилия прижима и др.).

Известно, что внешние силы трения при обычной вытяжке направлены в сторону, противоположную течению металла, и поэтому, препятствуя его пере-

мещению, вызывают в нем напряжения растяжения. Если изменить направление действия сил трения так, чтобы оно совпало с направлением течения металла, и задать им соответствующую величину, то можно превратить их в активно действующие и вызывающие в металле напряжения не растяжения, а сжатия.

Такое изменение силовой схемы штамповки-вытяжки с превращением сил трения, действующих в плоскости прижим — заготовка, из реактивных в активные достигается путем ввода в эту плоскость упруго-фрикционного прижимного элемента. Эксперименты показали, что материалом для такого эле-

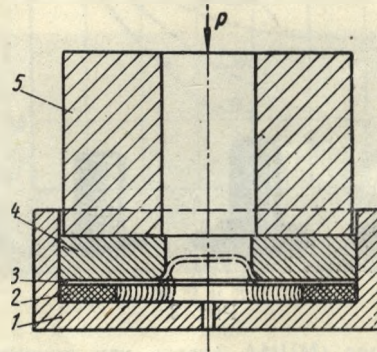


Рис. 1.

мента могут служить резина, упругие пластмассы и металл. Ниже рассматривается процесс вытяжки с использованием резинового упруго-фрикционного элемента.

Указанное изменение схемы действия сил трения может быть осуществлено с помощью специального закрытого штампа (рис. 1). На дно корпуса 1 укладывается резиновое кольцо 2, играющее роль упруго-фрикционного прижимного элемента, на кольцо — штампуемая заготовка 3, а на нее — матрица 4 и приемно-передаточный цилиндр 5. При движении ползуна пресса вниз давление последнего передается через матрицу и заготовку на резину; сжимаясь, резина перемещается в направлении наименьшего

сопротивления, т. е. в радиальном направлении, в сторону отверстия матрицы, и под действием сил трения (при достаточной их величине, обусловливаемой заданным удельным давлением и коэффициентом трения резины о заготовку) увлекает за собой фланец заготовки. При ходе ползуна пресса вверх резина разжимается и, поднимая матрицу, возвращается в свое исходное положение; затем процесс повторяется.

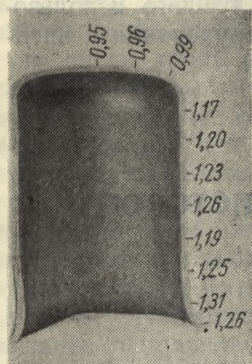


Рис. 2.

Схема напряженного состояния при этом процессе улучшается: вместо растягивающих радиальных напряжений в материале возникают напряжения сжатия. Последнее подтверждается разрезом стаканчика (рис. 2), полученного беспуансонной штамповкой-вытяжкой: как видно из рисунка, вместо обычного утонения в зоне опасного сечения образовалось утолщение.

Эксперименты показали, что резиновый упруго-фрикционный прижимной элемент может развивать в плоскости прижим — заготовка силы трения, достаточные для формообразования изделия в отверстии матрицы без применения пуансона. Кроме того, упруго-фрикционный элемент полностью заменяет действие прижимов (плоского или сферического).

На рис. 3 представлены фотографии изделий, полученных беспуансонной вытяжкой силами трения из заготовок со следующими исходными коэффициентами вытяжки (справа налево): 2,5; 3,5; 4; 5,25.

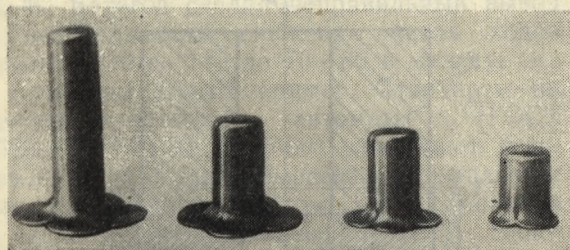


Рис. 3.

Испытания разных сортов резины показали, что при сжатии в закрытом штампе в резине создается такое напряженное состояние, которое способствует повышению ее стойкости; это позволяет применять повышенное удельное давление при штамповке трением. В зависимости от сорта резины величина суммарного коэффициента трения колеблется приблизительно в диапазоне $\mu = 0,2 \div 0,3$ (под суммарным коэффициентом трения μ понимается разность между коэффициентами трения резины о заготовку и заготовки о матрицу). Большую величину μ дает резина повышенной твердости.

Из многочисленных сортов резины, применяемых в промышленности, наиболее пригодны для штамповки трением те, которые, обеспечивая создание наибольших активных сил трения, подвергаются наименьшим остаточным деформациям, обладают

высокой износостойкостью и не разрушаются при сравнительно высоких степенях обжатия. Опыты по разрушению резиновых колец при больших степенях обжатия показали, что кольца толщиной 4,9 мм с наружным диаметром 80 мм и внутренним 50 мм разрушались в закрытом штампе при следующих нагрузках: мягкая резина (сорт № 1) получила остаточные деформации в виде воронки при усилении $P = 45$ т; резина средней твердости (сорт № 2) дала расслоение по торцу отверстия резинового кольца при $P = 55$ т; резина повышенной твердости (сорт № 3) не имела признаков разрушения даже при нагрузке $P = 100$ т; следовательно, и в смысле стойкости наиболее пригодной оказалась резина повышенной твердости.

Условия технологического процесса вытяжки силами трения требуют, чтобы резиновое кольцо равномерно деформировалось по всей толщине, что обеспечивается в первую очередь подбором оптимальной толщины кольца. Проведенными опытами оптимальная (для условий опытов) толщина кольца определена в 5—7 мм.

Правильный выбор внутреннего диаметра резинового кольца также имеет важное значение для штамповки силами трения, так как от этого зависит не только полное использование сил трения резины о заготовку, но и качество изделия.

Диаметр резинового кольца следует подбирать так, чтобы при деформации резины она воздействовала на всю площадь фланца заготовки, включая и поверхность протяжного ребра матрицы, но в то же время не давила на дно образующегося стакана, так как это может привести к его отрыву. Исходя из условия постоянства объема резины до и после деформации, была выведена формула для определения оптимального внутреннего диаметра резинового кольца:

$$d_p = \sqrt{D_k^2 \delta - \frac{1}{3} \frac{d_m^3}{h_0}} \quad (1)$$

где δ — величина относительного сжатия резины;

$$\delta = \frac{h_0 - h}{n_0};$$

d_m — диаметр протяжного отверстия матрицы;
 D_k — внутренний диаметр корпуса штампа или наружный диаметр резинового кольца.

Существенное значение для описываемого процесса вытяжки имеет правильный выбор смазки. В плоскости контакта резины с дном корпуса штампа смазка должна, с одной стороны, уменьшать трение резины о корпус, обеспечивая свободное ее перемещение по дну, а с другой стороны, создавать условия равномерного деформирования слоев резины по толщине кольца. Если, например, применить для указанной плоскости маловязкую смазку, то скорость деформации нижних слоев резины сильно увеличится по сравнению со скоростью деформации верхних слоев, трущихся о заготовку. Это приведет к сильному выдавливанию и даже отрыву нижних слоев резины. Если же корпус штампа совсем не смазывать, то силы трения на верхней и нижней поверхностях резинового кольца будут настолько велики, что резина начнет выдавливаться в средней части кольца, вплоть до его расслоения.

В результате экспериментов были подобраны оптимальные сорта смазок, обеспечивающие возникновение максимальных сил трения и наиболее благоприятные условия для повышения стойкости резины: смазка № 7 (70% канифоли и 30% касторового масла) для плоскости контакта резины с дном кор-

пуса штампа, смазка № 5 (50% канифоли и 50% касторового масла) для плоскости контакта заготовки с зеркалом матрицы и смазка в виде порошка канифоли — для плоскости контакта резины с заготовкой.

Один из важных технологических параметров штамповки трением — количество ходов пресса, необходимое для придания заготовке требуемой формы.

Опыты показали, что с увеличением исходного диаметра заготовки увеличивается число обжатий резинового кольца, потребное для ее проштамповки. При большем давлении пресса для заготовок одинакового диаметра, изготовленных из одного и того же материала, требуется меньшее число обжатий. В зависимости от степени проскальзывания резины по заготовке за каждый рабочий ход пресса происходит определенная деформация фланца заготовки, размер которого при этом сокращается. В наибольшей степени диаметр заготовки уменьшается за первые обжатия, а затем, по мере упрочнения материала, деформация, постепенно уменьшаясь, прекращается.

Анализ результатов опытов дал возможность выразить с достаточной для практического применения точностью соотношения между текущим коэффициентом вытяжки K штампуемой заготовки и числом обжатий n^* следующей эмпирической зависимостью:

$$K = K_0 - bPn^m e^{\frac{c}{P}n}, \quad (2)$$

где K_0 — исходный коэффициент вытяжки;

P — давление пресса в т;

b, c, m — постоянные коэффициенты, характеризующие качество резины. Например, для резины сорта № 3 (повышенной твердости) $b = 0,0162$, $c = -1,645$, $m = 0,84$.

После некоторых преобразований уравнение (2) можно привести к виду, удобному для определения минимально необходимого числа обжатий, при ко-

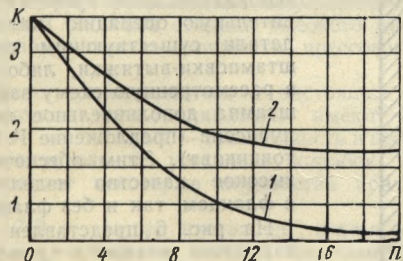


Рис. 4. Зависимость коэффициента вытяжки K от числа обжатий n .

тором обеспечивается полная проштамповка детали, т. е. доведение коэффициента вытяжки с заданной величины K_0 до $K=1$.

Минимальное число обжатий

$$n = -\frac{mt}{c} P. \quad (3)$$

где t — переменная, зависящая от давления пресса при одном и том же сорте резины или от качества резины при одном и том же давлении пресса.

* Здесь $n < 15$; для $n > 15$ это уравнение дает завышенные результаты.

Переменную t находим из выражения

$$t = \frac{-(\ln E - 1) \pm \sqrt{(\ln E - 1)^2 - 4(\ln E + 2)}}{2}, \quad (4)$$

где

$$E = -\frac{(K_0 - 1)^{1/m} c}{(bP)^{1/m} mP}$$

Из уравнений (3) и (4) следует, что количество обжатий n зависит не только от величины P , но и от свойств резины, примененной для штамповки трением.

На рис. 4 построены кривые $K = f(n)$ для резины сорта № 3 (повышенной твердости) при давлении пресса 35 т (кривая 1) и 30 т (кривая 2). Положительное значение подкоренного выражения в уравнении (4) соответствует кривой 1, отрицательное — кривой 2. Первая кривая пересекает горизонталь $K=1$ при $n=10$, следовательно, данная заготовка

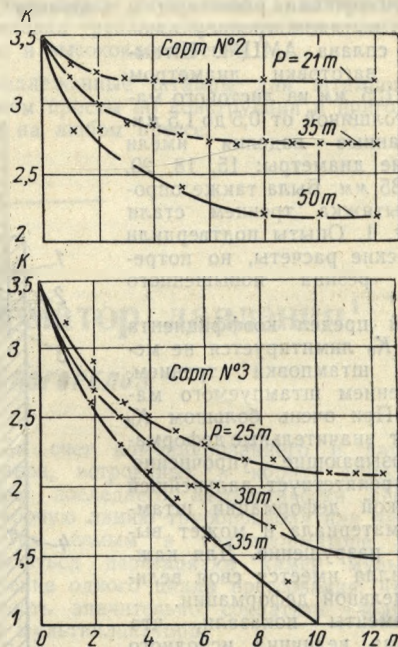


Рис. 5. Зависимость коэффициента вытяжки K от числа обжатий n при $K_0 = 3,5$ для резины сорта № 2 и 3.

(из алюминия или сплава АМЦМ) проштамповывается (за 10 обжатий); вторая кривая эту горизонталь не пересекает, т. е. заготовку при давлении 30 т проштамповать нельзя. Положение кривых зависит или от качества резины (при одном и том же давлении пресса P), или от величины давления пресса (при одном и том же сорте резины).

Из рис. 5 видно, что более мягкая резина (сорт № 2) при любом увеличении давления пресса дает кривые, идущие выше горизонтали $K=1$ и никогда ее не пересекающие. Эти кривые показывают, что резиной сорта № 2 проштамповать заготовку нельзя. Для резины повышенной твердости (сорт № 3) уже при сравнительно невысоких давлениях пресса, например $P=35$ т, кривая пересекает горизонталь $K=1$, следовательно, заготовка проштамповывается. По мере увеличения давления пресса кривая

идет вниз круче и быстрее пересекает указанную горизонталь.

Потребное для штамповки трением удельное давление q , оказываемое на резину, определяется по формуле

$$q = \frac{\theta s}{\mu r}, \quad (5)$$

где r — радиус протяжного отверстия матрицы;
 s — толщина штампуемого материала.

Значения суммарного коэффициента трения μ принимаются в пределах 0,2—0,3.

Наибольшая величина θ (штамповка «напровал») может быть определена по уравнению

$$\theta = 1,2\sigma_b \frac{\epsilon_a}{\alpha^2} (\ln K_0)^\alpha, \quad (6)$$

где $\alpha = \epsilon_{ш}$ — действительная деформация металла в момент образования шейки образца, испытываемого на растяжение.

Правильность полученных формул была подтверждена примерными расчетами и большим числом опытов по вытяжке трением алюминия и сплава АМЦМ. Штамповались заготовки диаметром от 40 до 195 мм из листового материала толщиной от 0,5 до 1,5 мм. Штампованные изделия имели следующие диаметры: 15, 18, 20, 22, 30 и 35 мм. Была также опробована вытяжка трением стали марки Ст. 1. Опыты подтвердили теоретические расчеты, но потребовалась резина повышенного качества.

Верхний предел коэффициента вытяжки K_0 лимитируется не механизмом штамповки трением, а упрочнением штампуемого материала. При очень большом K_0 возникают значительные деформации, вызывающие упрочнение, которое препятствует дальнейшей пластической деформации штампуемого материала и может вызвать его разрушение. Для каждого металла имеется своя величина предельной деформации.

Эксперименты показали, что наибольшая величина исходного коэффициента вытяжки заготовки, которую можно проштамповать напровал силами трения за один переход, колеблется, например, для алюминия и сплава АМЦМ между 6,5 и 7,0.

Диаметр готового изделия определяется физическими свойствами примененного упруго-фрикционного элемента. В условиях производства резиновое кольцо нельзя нагружать давлением больше 6—7 кг/мм², иначе оно будет быстро изнашиваться, а при малом радиусе изделия потребная удельная нагрузка на резину резко возрастает.

Физические свойства упруго-фрикционного элемента влияют не только на нижний, но и на верхний предел отношения $\frac{r}{s}$. С увеличением радиуса изделия r при вполне определенной величине θ , за-

висящей только от величины K_0 и механических характеристик штампуемого материала, потребное удельное давление на резину уменьшается и может достигнуть такой величины, когда степень обжатия резины окажется недостаточной для создания заметного течения ее в направлении протяжного отверстия матрицы. Тогда для штамповки потребуется очень большое число ходов пресса. С другой стороны, если при штамповке деталей с большим радиусом r допускать давление, обеспечивающее соответствующее течение резины, но превышающее потребное, то это может привести к излишнему увеличению тоннажа пресса.

Подбирая для упруго-фрикционного элемента различные сорта резины или появившиеся в промышленности за последнее время упругие пластмассы, можно осуществлять штамповку изделий любых габаритов.

Подбор материала для упруго-фрикционного элемента в зависимости от конкретных условий штамповки представляет самостоятельный вопрос и в данной статье не мог получить достаточного освещения.

Форма и качество готовых изделий при глубокой штамповке-вытяжке трением без пуансона будут удовлетворительны, если правильно выбраны сорт резины для упруго-фрикционного элемента, размеры резинового кольца и давление пресса. Однако неоднородность механических свойств обычной технической резины или ее местные ослабления приводят к тому, что штампуемые без пуансона детали получают небольшой перекосяк, а при толщине металла меньше 0,5 мм возможно образование на поверхности детали незначительного гофра. Для предотвращения этих недостатков необходимо либо провести дополнительную операцию калибровки детали существующим способом штамповки-вытяжки, либо ввести в рассмотренную схему закрытого штампа дополнительное действие пуансона (предложение Р. В. Пихтовникова). Этим обеспечивается высокое качество изделий как с фланцем, так и без фланца.

На рис. 6 представлен разрез закрытого штампа с применением пуансона. Давление пресса P через матрицу 1 и заготовку 2 передается на резиновое кольцо 3, которое увлекает силами трения заготовку в сторону отверстия матрицы. Одновременно под постоянным давлением P_n на заготовку действует пуансон 4, также увлекающий металл в отверстие матрицы. Под поршень 5 пуансона под постоянным давлением подается воздух или масло.

Усилие, действующее со стороны пуансона на заготовку, должно быть меньше усилия, вызывающего отрыв дна штампуемого стакана.

Введение пуансона в схему штамповки-вытяжки трением дает возможность не только улучшить качество изделий, но и создать дополнительное усилие,

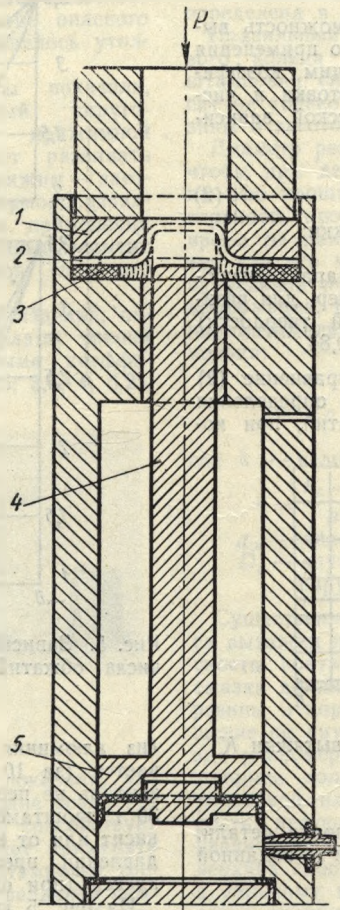


Рис. 6.

облегчающее работу упруго-фрикционного элемента.

Сорт резины, толщина резинового кольца и смазка при штамповке трением с пуансоном выбираются такими же, как и при штамповке трением без пуансона. Количество обжатий примерно одинаковое.

Резиновое кольцо, применяемое при штамповке с пуансоном, отличается только диаметром отверстия. Последнее должно быть таким, чтобы даже при предельной его деформации резина доходила до пуансона, но не упиралась в него; в противном случае будут снижаться силы трения. Если же диаметр отверстия резинового кольца будет больше установленного оптимального размера, то это приведет к образованию гофра по закруглению протяжного ребра матрицы.

Формула для определения диаметра отверстия резинового кольца для закрытого штампа с пуансоном имеет вид

$$d_p = \sqrt{D_k^2 \delta + d_n^2 (1 - \delta)}, \quad (7)$$

где d_n — диаметр пуансона.

При штамповке силами трения с применением пуансона определенную роль играет величина зазора между пуансоном и матрицей. Этот зазор должен быть несколько больше зазора, выбираемого при обычной штамповке.

Изложенная выше работа позволяет создать новый технологический процесс глубокой штамповки-вытяжки тонколистового металла — штамповку-вытяжку силами трения.

Новый способ штамповки дает возможность значительно уменьшить количество переходных штампов, соответственно сократить расходы на изготовление инструмента и исключить процессы межоперационного отжига, прерывающие поток.

Предложенные формулы позволяют определять с достаточной для практического применения точностью основные параметры нового технологического процесса: число обжатий и давление пресса.

В результате проведенных исследований установлено, что по фрикционным свойствам, износостойкости и величине остаточных деформаций для изготовления упруго-фрикционного элемента наиболее пригодна резина повышенной твердости. Испытания определены оптимальные размеры резинового кольца (толщина и внутренний диаметр), при которых штамповка трением осуществляется наиболее эффективно и высококачественно.

Предложенные штампы для штамповки-вытяжки трением просты по конструкции и пригодны для работы на любом прессе.

Гидравлический трансформатор давления¹

Канд. техн. наук В. И. ПОГОРЕЛОВ

Для увеличения давления жидкости в прессовых установках часто применяются гидравлические мультипликаторы, которые дают возможность без дополнительной насосной станции высокого давления значительно увеличить мощности прессового оборудования.

Однако применяющиеся в настоящее время гидравлические мультипликаторы имеют недостатки, главные из которых — громоздкость и необходимость в дополнительной установке коробок управления, что создает некоторые неудобства при работе на прессах.

В 1949 г. автор настоящей статьи предложил схему, на основании которой им совместно с конструктором Г. А. Медведевым были разработаны рабочие чертежи гидравлического трансформатора давления, позволяющего за счет редуцирования клапана изменять в широком диапазоне высокое давление, создаваемое автоматическим мультипликатором.

В 1953 г. такой гидравлический трансформатор был внедрен на одном из заводов Ленинграда и оказался вполне надежным в эксплуатации. Основные принципы его работы заключаются в следующем:

1. Гидравлический трансформатор обеспечивает автоматическую подачу жидкости высокого давления в цилиндр пресса в конце рабочего хода поршня.

¹ Статья печатается в сокращенном виде. Исключена теоретическая часть статьи, представляющая узко специальный интерес. — *Ред.*

2. За счет комбинированного и двух концевых клапанов, встроенных в корпус мультипликатора, камеры последнего автоматически переключаются на рабочую линию трубопровода или на линию слива. Тем самым в трансформаторе может осуществляться перезарядка камер мультипликатора в течение одного цикла прессования, что дает возможность значительно сократить габаритные размеры мультипликатора.

3. Благодаря установке редуциционного клапана трансформатор позволяет менять в широком диапазоне высокое давление, создаваемое мультипликатором.

Эти особенности гидравлического трансформатора давления выгодно отличают его от применяющихся в настоящее время мультипликаторов.

На рисунке приведена схема гидравлического трансформатора.

Сопло *C*, обратный клапан *O* и редуциционный клапан *R* соединены трубопроводами с коробкой управления *D*, мультипликатором *M*, комбинированным клапаном *KK* и левым концевым клапаном *LK*.

Встроенные на торцах корпуса мультипликатора концевые клапаны *LK* и *PK* предназначены для автоматического управления мультипликатором.

До момента прессования цилиндр пресса наполняется жидкостью из аккумулятора. Преодолевая сопротивление обратного клапана *O* и редуциционного клапана *R*, жидкость поступает по трубопроводу *I* в цилиндр пресса, заставляя перемещаться поршень. При заполнении жидкостью цилиндра пресса давление в сопле *C* резко уменьшится, и пор-