

**ГОРНОСТАЙ В.Н.**, к.т.н., ст. преподаватель, НТУУ «КПИ», г. Киев Украина.

## **ПРЯМОЕ ХОЛОДНОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ С РАЗДАЧЕЙ ПРОФИЛЕЙ ИЗ СТАЛЕЙ**

Приведены результаты теоретического анализа и экспериментальных исследований процессов традиционного холодного прямого выдавливания та выдавливания с раздачей прямоугольных профилей из сталей. При выдавливании с раздачей достигнуто существенное снижение усилий выдавливания и удельных усилий на деформирующем инструменте.

**Ключевые слова:** прямое выдавливание, силовые режимы, удельные усилия, угол матрицы, коэффициент раздачи, профили.

The theoretical analysis and experimental investigation of traditional straight cold extrusion and extrusion with dispensing are presented. The significant dropping of load of extrusion and dropping of specific load on deforming tool are obtained during extrusion with dispensing.

**Key words:** straight extrusion, load modes, specific load, die angle, dispensing ratio, profile.

**Вступление.** В настоящее время холодным выдавливанием из сталей и цветных металлов получают высокоточные, с повышенными физико-механическими свойствами профили разной конфигурации. Накопленный производственный опыт традиционного прямого выдавливания сплошных стержней изложен в источнике [1]. Отмечено, что при выдавливании имеют место высокие удельные усилия на деформирующем инструменте, что приводит к низкой его стойкости особенно при формообразовании профилей из труднодеформируемых сталей. Использование жидкости, которая находится под высоким давлением, в качестве передатчика усилия на заготовку частично решает проблему повышения стойкости матриц при прямом выдавливании профилей. Это связано с уменьшением усилия выдавливания за счет снижения или исключения трения между поверхностью заготовки и контейнером. Практическое

использование процессов прямого выдавливания с помощью жидкости под высоким давлением изложено в работах [2-4]. Показаны возможности получения фасонных профилей из низко и среднеуглеродистых, а также из штамповых и инструментальных сталей. Однако широкому распространению таких процессов мешают низкая стойкость матриц и уплотняющих элементов.

**Цель работы.** Провести анализ факторов влияющих на процесс холодного выдавливания с раздачей.

На кафедре МПМ та РП НТУУ «КПИ» разработан способ получения профилей путем прямого выдавливания с раздачей [5]. Сущность способа заключается в том, что выдавливание выполняется из круглых заготовок, диаметр которых меньше за максимальный размер сечения получаемого профиля. Профиль формируется за счет одновременной деформации заготовки по конической части матрицы в осевом и течения металла в поперечном направлениях. Были проведены экспериментальные исследования по получению прямоугольных профилей из круглых заготовок, которые показали, что при выдавливании с раздачей имеют место существенные снижения усилий деформирования по сравнению с традиционным выдавливанием. Получены аналитические зависимости для определения усилия выдавливания с раздачей [6].

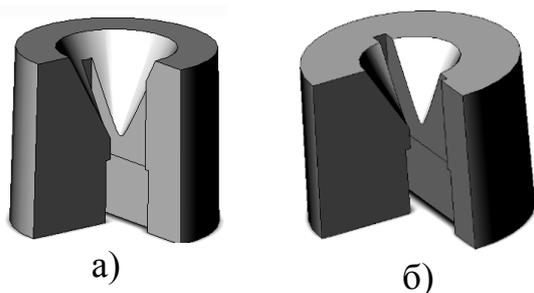


Рис. 1. Матрицы для выдавливания прямоугольных профилей: а – для традиционного выдавливания, б- для выдавливания с раздачей.

На рис. 1 в разрезе приведены матрицы для традиционного прямого выдавливания (а) и выдавливания с раздачей (б). В первом случае используется исходная круглая заготовка, диаметр которой больше диаметра описанной окружности вокруг профиля. Во втором случае диаметр заготовки

меньший за максимальный размер профиля.

**Результаты исследований.** С использованием метода конечных элементов, реализованного в программе DEFORM3D, было проведено моделирование

процессов прямого традиционного и выдавливания с раздачей прямоугольных профилей из стали 40.

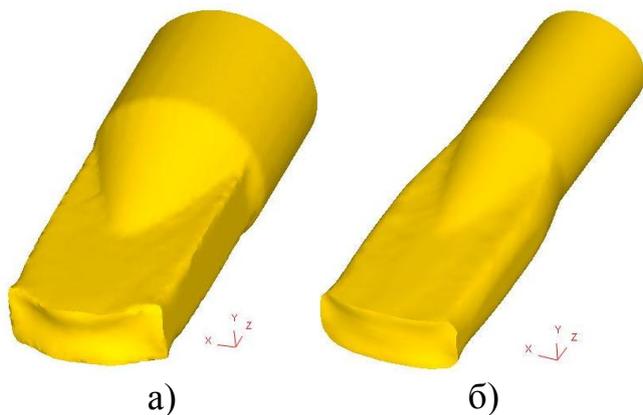


Рис. 2. Сдеформированные заготовки для традиционного выдавливания (а) и выдавливания с раздачей (б).

Размеры профиля 54 на 22 миллиметра (мм). При традиционном выдавливании диаметр заготовки был 60 мм, при выдавливании с раздачей – 42 мм. Сдеформированные заготовки на установившихся стадиях процессов приведены на рис. 2. Геометрическая форма профилей практически не отличается. На рис. 3 представлены

зависимости усилия выдавливания от перемещения пуансона.

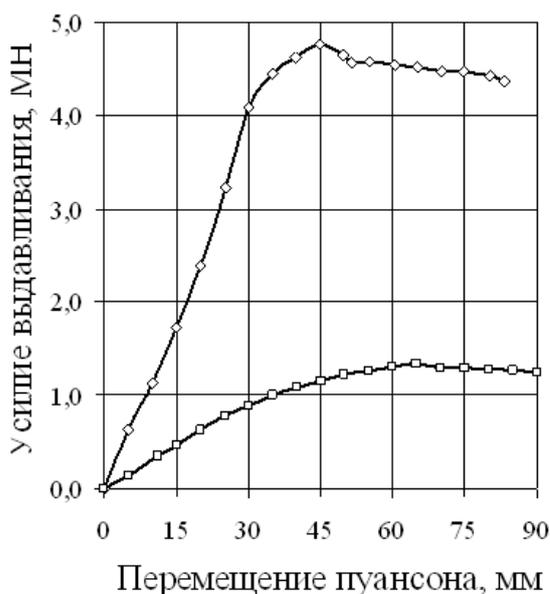


Рис. 3. Зависимость усилия выдавливания от перемещения пуансона.

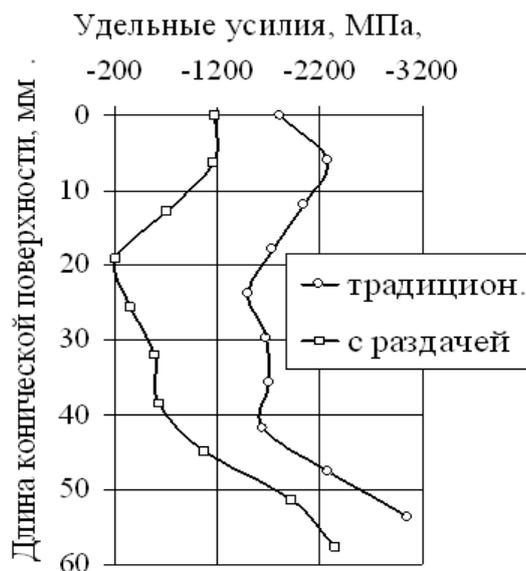


Рис. 4. Распределение удельных усилий на конической поверхности матрицы.

Максимальное усилие традиционного выдавливания 4,65 МН, выдавливания с раздачей 1,34 МН. Средние удельные усилия на пуансоне имеют соответственно значения 1640 МПа и 968 МПа. Усилие выдавливания уменьшилось в 3,4 раза, а удельные усилия в 1,7 раза.

Распределение удельных усилий по высоте конической поверхности матрицы показано на рис. 4. Характер распределения одинаковый, величины удельных усилий на матрице при выдавливании с раздачей также снижаются.

Определено напряженно-деформированное состояние по всему объему заготовки. Установлено, что основной причиной снижения усилия и удельных усилий при выдавливании с раздачей являются изменение схемы напряженного состояния в

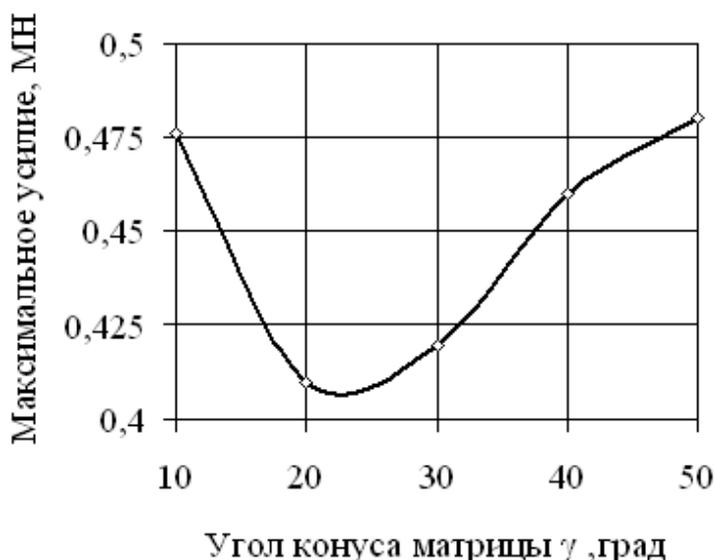


а) б)

Рис. 5. Исходные и сдеформированные заготовки: а- при традиционном выдавливании, б- при выдавливании с раздачей сдеформированные заготовки представлены на рис. 5. Разница в значениях рассчитанного максимального усилия выдавливания по МКЭ и эксперимента составила 7%.

очаге деформации, что приводит к уменьшению по абсолютной величине гидростатического давления.

Также проведены численные и натурные эксперименты по прямому традиционному и выдавливанию с раздачей прямоугольных профилей размером 26 на 6 мм из стали 20. В первом случае диаметр исходной заготовки был 27 мм во втором 16 мм. Исходные и сдеформированные заготовки представлены на рис. 5. Разница в значениях рассчитанного максимального усилия выдавливания по МКЭ и эксперимента составила 7%.



Угол конуса матрицы  $\gamma$ , град  
Рис. 6. Влияние угла конуса матрицы на усилие выдавливания с раздачей.

Расчетным путем изучено влияние угла конуса матрицы  $2\gamma$  на силовые режимы выдавливания и заполнение профиля матрицы при прямом выдавливании с раздачей. Зависимость максимального усилия выдавливания от угла конуса показана на рис. 6. Минимальное усилие выдавливания имеет место при угле  $2\gamma=20$  градусов. Заполнение прямоугольного профиля в

зависимости от угла конуса матрицы показано на рис. 7. Угол конуса влияет на заполнение профиля матрицы. Наилучшее заполнение достигается при малых (10 - 20 градусов) углах матрицы (рис. 7). При углах больше 30 градусов металл преимущественно течет в осевом направлении.

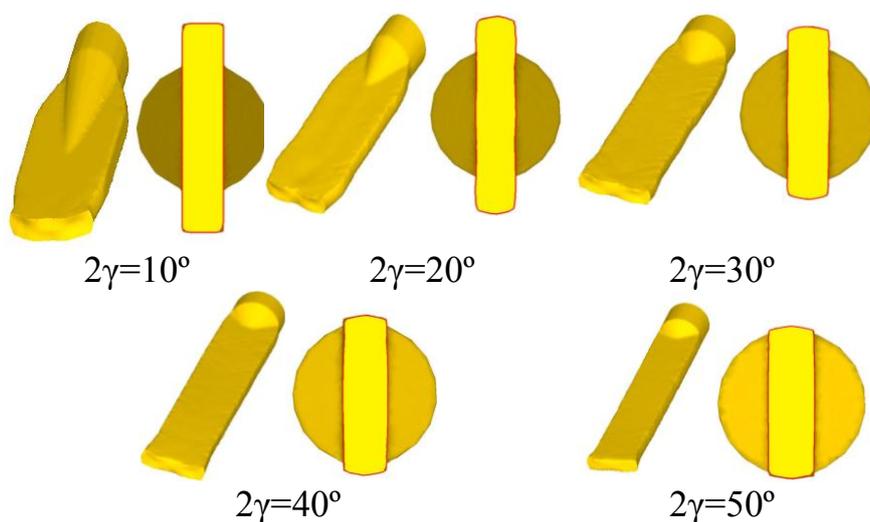


Рис. 7. Влияние угла конуса матрицы  $2\gamma$  на заполнение профиля.

Учитывая результаты, полученные численным моделированием, была разработана технология и спроектирована штамповая оснастка для получения стальных т-образных профилей холодным выдавливанием с раздачей из среднеуглеродистой

стали. На рис. 8 представлена экспериментальная оснастка для получения данного профиля. Зависимость усилия холодного выдавливания профилей с раздачей показано на рис. 9. Применение выдавливания с раздачей позволило снизить усилие деформирования почти в 2 раза, что в свою очередь приводит к повышению стойкости инструмента и повышает производительность технологического процесса холодного выдавливания профилей.

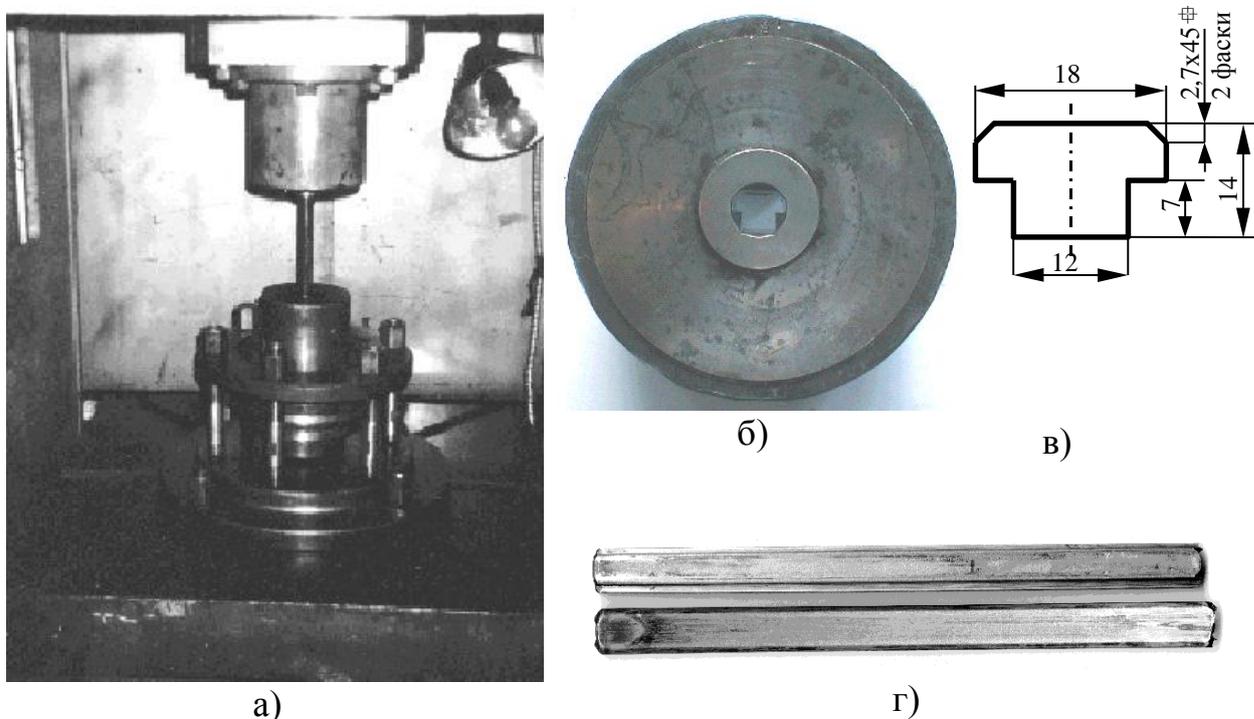


Рис. 8. Выдавливание с раздачей т-образного профиля: а - штамп на прессе ДБ2432, б - бандажированная матрица, в- размеры сечения профиля, г - выдавленные профили.

Различие между экспериментальным и теоретическим значением максимального усилия холодного выдавливания профиля с раздачей составила 10%. Что позволяет сделать вывод об адекватности предложенной численной модели процесса холодного выдавливания с раздачей.

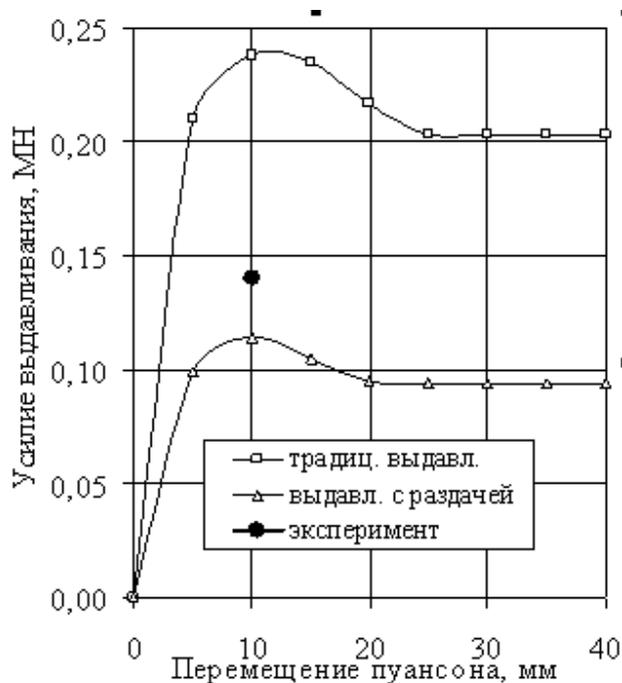


Рис. 9. Силовые режимы при выдавливании т-образного профиля

2. Показано, что прямое выдавливание с раздачей приводит к существенному снижению усилий и удельных усилий выдавливания. При получении прямоугольного профиля диаметр исходной заготовки в 1,4 раза меньше по сравнению с традиционным выдавливанием. Причиной уменьшения усилий является изменение схемы напряженного состояния в очаге деформации, которое приводит к уменьшению по абсолютной величине гидростатического давления.

3. Установлено влияние угла конусности матрицы на усилие выдавливания с раздачей и заполнение прямоугольного профиля матрицы. Минимальное усилие имеет место при угле матрицы 20 градусов. Полное заполнение профиля обеспечивают малые углы матрицы (10 и 20 градусов).

4. Расчетным и экспериментальным путем установлено, что использование прямого выдавливания с раздачей взамен традиционного при получении т-

### Выводы.

1. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований прямого холодного традиционного прямого выдавливания та выдавливания с раздачей профилей из сталей. При выдавливании с раздачей металл имеет возможность одновременно с деформированием по конической поверхности матрицы свободно течь в поперечном направлении, заполняя при этом профиль матрицы.

образного профиля из круглой заготовки приводит к снижению усилия выдавливания в 1,9 раза.

**Список литературы.** 1. *Ковка и штамповка: Справочник*. В 4-х т/Ред. Совет: Е.И. Семенов (предс.) и др.// –М.: Машиностроение, 1987- т.3. 2. Холодная объемная штамповка /Под ред. Г.А. Навроцкого.// 1987. -384 с. 3. *Береснев Б.И.* Физические основы и практическое применение гидроэкструзии./ *Береснев Б.И., Езерский К.И., Трушин Е.В.* // М.: Наука, 1981. – 240 с. 4. *Черный Ю.Ф.* Гидропрессование инструментальных сталей. / *Черный Ю.Ф., Спусканюк В.З., Лядская А.А. и др.* // К: Техника, 1987. – 217 с. 5. *В.А. Белошенко.* Теория и практика гидроэкструзии./ *В.А. Белошенко, В.Н. Варюхин, В.З. Спусканюк.* // К.: Наукова думка, 2007. – 246 с. 6. А.с. 1738409. СССР. МКИ В 21j13/04 Способ выдавливания фасонных изделий. 7. *Калюжний В.Л.* Визначення зусилля прямого холодного видавлювання з роздачею прямокутних профілів./ *Калюжний В.Л., Калюжний О.В., Горностай В.М Крижанівська І.Я.*// Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов, № 1(20)-2009, Краматорск, ДГМА. – С. 67-75.

УДК 621.777.4

Прямое холодное выдавливание с раздачей профилей из сталей. / Горностай В.Н.// Весник НТУ «ХПИ». Серия: Новые решения в современных технологиях. – харьков: НТУ «ХПИ». 2012. №XX.-С.ХХХХ

Приведены результаты теоретического анализа и экспериментальных исследований процессов традиционного холодного прямого выдавливания та выдавливания с раздачей прямоугольных профилей из сталей. При выдавливании с раздачей достигнуто существенное снижение усилий выдавливания и удельных усилий на деформирующем инструменте. Ил.9. Библиогр. 7.

**Ключевые слова:** прямое выдавливание, силовые режимы, удельные усилия, угол матрицы, коэффициент раздачи, профили.

UDC 621.777.4

Direct cold squeezing out with distribution of types from staley./ Gornostay V.N.//Bulletin of NTU “KhPI”. Subject issue: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”.-2012.- №XX.-P.XX-XX

The theoretical analysis and experimental investigation of traditional straight cold extrusion and extrusion with dispensing are presented. The significant dropping of load of extrusion and dropping of specific load on deforming tool are obtained during extrusion with dispensing.

**Key words:** straight extrusion, load modes, specific load, die angle, dispensing ratio, profile.

### Сведения о авторах:

Горностай Вадим Николаевич, 1977г.р., Национальный технический университет Украины, старший преподаватель кафедры Механики пластичности материалов и ресурсосберегающих процессов. 03148 г. Киев, ул. Академика Королёва 2а, кв.175, тел. +380444038671, раб. +380444549611. gornwad@ukr.net