

УДК 621.735.32

*В.А. Тюрин, И.В. Ларионов, Д.В. Батяев*

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## ГРАФО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОСАДКИ ЗАГОТОВОК

**Аннотация.** Исследованы уравнения математических моделей расчета параметров процесса осадки цилиндрических заготовок для производства колец. На основании исследования разработан графо-аналитический инструмент оперативного расчета параметров данного процесса. Проведен анализ графических зависимостей параметров и факторов и даны рекомендации по управлению ими.

**Ключевые слова:** графо-аналитический инструмент, накопленная степень деформации, форма осажённой заготовки.

## GRAPH-ANALYTICAL TOOL FOR CALCULATING OF PROCESS VARIABLES WHEN WORKPIECE IS BEING UPSET

**Abstract.** Mathematical models' equations for calculating of parameters at ring billets upsetting are examined in this paper. Graph-analytic tooling was designed as a result of research. This tooling allows calculating upsetting's parameters efficiently. Analysis of graphic data linking factors and parameters of this process was carried out and after that recommendations of how to handle these parameters are given.

**Keywords:** graph-analytic tooling, cumulative degree of reduction, upset billet's shape.

При решении задачи о получении заданной микро-структуры и механических свойств, о характере макро-структуры и формы заготовки необходимо рассчитать следующие параметры:

- максимальную величину местной накопленной степени деформации в зоне интенсивной деформации вне оси;
- максимальную величину накопленной степени деформации на боковой поверхности заготовки;
- отношение диаметра зоны затрудненной деформации на торце заготовки в конце осадки к диаметру ее торца;
- отношение глубины зон затрудненной деформации к высоте осажённой заготовки.

Также необходимо прогнозировать такие параметры, как вид бочки у заготовки в конце осадки, выпрямление полости от конического бойка на торцах заготовки в конце осадки плоскими бойками.

Форма бочки у заготовки в конце осадки является интегральным параметром оптимизации, что описано в работе [1]. Этот параметр является качественным показателем формы боковой поверхности цилиндрической заготовки, осажённой вначале коническими, а затем плоскими бойками. В работе были исследованы пять видов формы боковой поверхности цилиндрической заготовки в конце осадки: 1 – сложной формы; 2 – выпуклая «бочка»; 3 – прямая «бочка»; 4 – двойная «бочка»; 5 – вогнутая «бочка».

Техническое решение задачи о выборе оптимальных условий осадки заготовок коническими и затем плоскими бойками включает физический эксперимент и решение уравнений регрессии. Произвести эти операции достаточно сложно и, что главное для технолога, долго. На основании этого был разработан графо-аналитичес-

кий инструмент, позволяющий технологу в короткое время решать поставленные задачи.

«Ключи к чтению» графических зависимостей параметров оптимизации от значений факторов показаны на рис. 1. Работа с графическим инструментом позволяет решать две задачи – прямую и обратную. Решение прямой задачи заключается в определении величины значений факторов для достижения необходимой величины параметра оптимизации (рис. 1, а). В свою очередь, решение обратной задачи позволяет прогнозировать получение параметра оптимизации, если уже заданы конкретные значения факторов (рис. 1, б).

После проведения вычислений генеральный массив полученных данных (416 единиц) был сгруппирован по четырем факторам в четыре таблицы. Построение графических зависимостей показало, что при совмещении количества однородных данных в одном графическом поле (по рис. 1, а и б) плотность линий настолько высока, что целесообразнее сформировать 24 графических поля, сгруппировав данные для каждого из шести параметров оптимизации по каждому из четырех факторов.

В качестве примера работы графо-аналитического инструмента на рис. 2 приведено поле зависимости параметра  $Y_3$  – «вид бочки у заготовки в конце осадки» от всех четырех факторов. Например, решая задачу о получении прямой бочки, необходимо задать  $\varepsilon_{к.б.}$  (степень деформации заготовки по высоте в конце осадки коническими бойками) = 35 %,  $\varepsilon_{сумм.}$  (суммарная степень деформации заготовки по высоте в конце осадки сначала коническими, а затем плоскими бойками) = 50 %,  $D_{прп}/D_0 = 0,7$ , а  $H_0/D_0$  выбирать любым в пределах  $1,0 \div 3,5$  (рис. 2, а) ( $D_{прп}$  – диаметр плоской рабочей

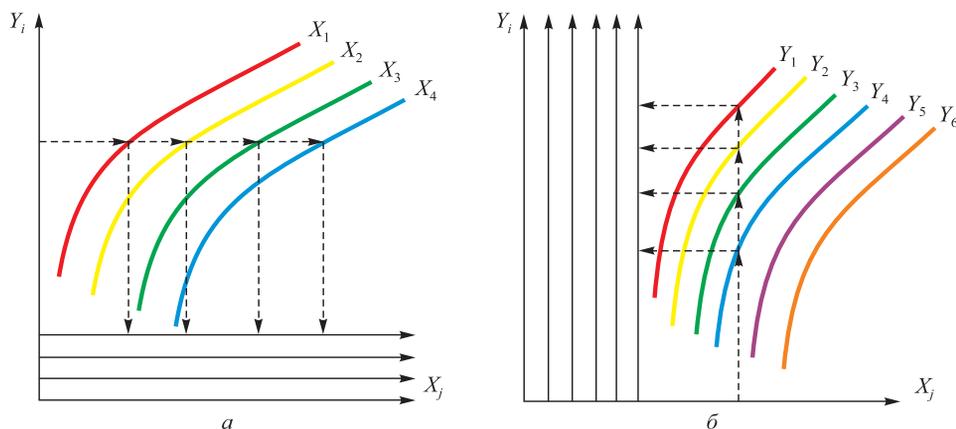


Рис. 1. Графическое поле зависимостей:

*a* – параметра оптимизации  $Y_i$  ( $i = 1 \div 6$ ) от факторов  $X_j$  ( $j = 1 \div 4$ ); *б* – параметров оптимизации  $Y_i$  ( $i = 1 \div 6$ ) от фактора  $X_j$  ( $j = 1 \div 4$ )

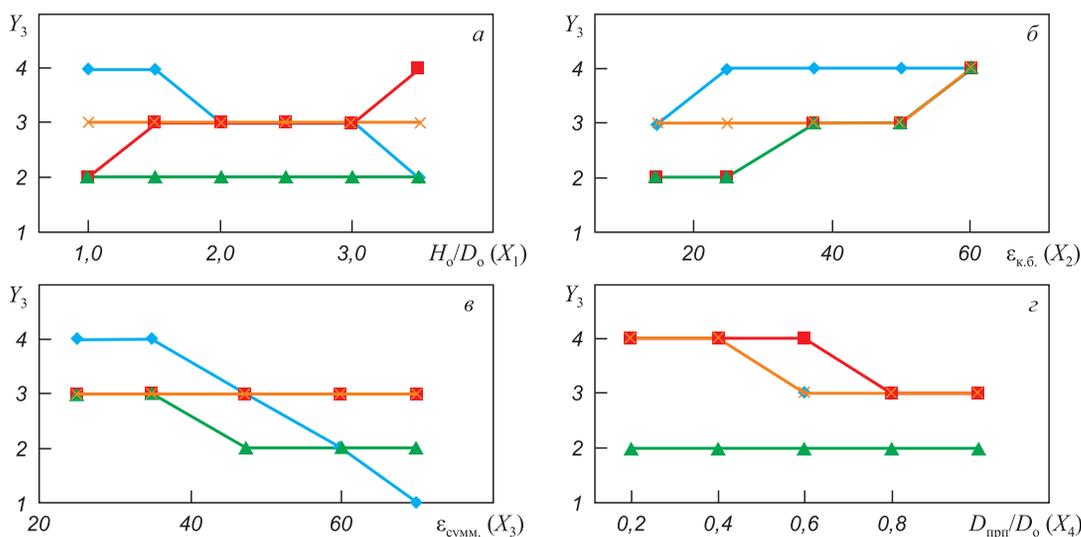


Рис. 2. Отклик параметра оптимизации  $Y_3$  – «вид бочки у заготовок в конце осадки» на действие факторов:

- a* – —  $-\epsilon_{к.б.} = 25\%$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 35\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 0,4$ ; —  $-\epsilon_{к.б.} = 50\%$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 60\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 1,0$ ;
- $-\epsilon_{к.б.} = 25\%$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 60\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 0,7$ ; —  $-\epsilon_{к.б.} = 50\%$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 35\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 0,7$ ;
- б* – —  $-H_0/D_0 = 1,5$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 35\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 0,4$ ; —  $-H_0/D_0 = 3,0$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 60\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 1,0$ ;
- $-H_0/D_0 = 2,25$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 60\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 0,7$ ; —  $-H_0/D_0 = 2,25$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 35\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 0,7$ ;
- в* – —  $-H_0/D_0 = 1,5$ ;  $\epsilon_{к.б.} = 25\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 0,4$ ; —  $-H_0/D_0 = 3,0$ ;  $\epsilon_{к.б.} = 50\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 1,0$ ;
- $-H_0/D_0 = 2,25$ ;  $\epsilon_{к.б.} = 25\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 0,7$ ; —  $-H_0/D_0 = 2,25$ ;  $\epsilon_{к.б.} = 50\%$ ;  $D_{прп}/D_0 = 0,7$ ;
- з* – —  $-H_0/D_0 = 1,5$ ;  $\epsilon_{к.б.} = 25\%$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 35\%$ ; —  $-H_0/D_0 = 3,0$ ;  $\epsilon_{к.б.} = 50\%$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 60\%$ ;
- $-H_0/D_0 = 2,25$ ;  $\epsilon_{к.б.} = 25\%$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 60\%$ ; —  $-H_0/D_0 = 2,25$ ;  $\epsilon_{к.б.} = 50\%$ ;  $\epsilon_{сумм.} = 35\%$

площадки;  $D_0$  – начальный диаметр заготовки;  $H_0$  – начальная высота заготовки). Или для получения «двойной бочки» необходимо задать  $H_0/D_0 = 1,5$ ,  $\epsilon_{к.б.} = 25\%$ ,  $D_{прп}/D_0 = 0,4$ ,  $\epsilon_{сумм.}$  до 35 % (рис. 2, *з*).

После исследования данных параметров были даны рекомендации по управлению ими. Для получения максимальной величины накопленной деформации необходимо применять заготовки с соотношением размеров  $H_0/D_0 = 1,0$  и задавать большие обжатия коническими бойками (50 %) для получения максимальной величины накопленной деформации и большие суммарные обжатия (60 %). Для получения прямой бочки при осадке заготовок с соотношением размеров  $H_0/D_0$  от 1,0 до 3,5 задавать величину обжатия коническими бойками до 50 % при величине суммарного обжатия от 25 до 70 %. С целью уменьшения

относительной глубины зоны затрудненной деформации следует воспользоваться «высокими» заготовками, суммарные обжатия задавать небольшими (35 %).

По результатам анализа графических зависимостей установлена адекватность математических моделей позволила расширить области определения каждого фактора путем экстраполяции графических зависимостей в обе стороны от границ области.

Соотношение исходных размеров заготовок существенно влияет на глубину зоны затрудненной деформации: с увеличением  $H_0/D_0$  от 1,0 до 3,5 глубина зоны затрудненной деформации уменьшается в 1,5 – 1,8 раза для «высоких» заготовок.

При больших суммарных обжатиях (60 %) получается и большая глубина зоны затрудненной деформации

ции. Степень обжатия коническими бойками заметное влияние на максимальную величину накопленной деформации оказывает лишь при небольшой суммарной степени обжатия. При большом суммарном обжатии (60 %) максимальная величина накопленной деформации остается высокой и практически не меняется при варьировании трех других факторов.

Макродеформационный эффект действия конических бойков выражается в возможности регулировать глубину зоны затрудненной деформации в пределах от 25 до 50 % от высоты заготовки.

Относительная величина плоской рабочей площадки конического бойка оказывает значительное влияние на

регулирование величины зоны затрудненной деформации на торце осажженной заготовки в пределах от 42 до 70 %.

Применяя на практике разработанный графо-аналитический инструмент, технологи ОАО «Русполимет» рассчитывают четыре технологических параметра при осадке заготовок для получения колец.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тюрин В.А, Батяев Д.В. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 3. С. 8 – 10.

© 2013 г. В.А. Тюрин, И.В. Ларионов, Д.В. Батяев  
Поступила 8 апреля 2013 г.

УДК 620.1+539.2

*Г.Л. Колмогоров, Т.В. Чернова, Е.М. Аверьянова, М.В. Снигирева*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

## ОПТИМАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВОЛОЧИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

**Аннотация.** Предложена методика определения оптимальной геометрии волоचильного инструмента, обеспечивающая минимальные значения напряжения волочения. Методика учитывает наличие калибрующего пояска волокна. Для стандартных волок предложена оптимальная вытяжка.

**Ключевые слова:** волочение, волочильный инструмента, оптимизация, оптимальная геометрия.

## THE OPTIMAL GEOMETRY OF TECHNOLOGY DRAWING TOOL

**Abstract.** A method of determining the optimum geometry of the drawing tool that provides the minimum value of the voltage drawing. Method takes into account the presence of the sizing belt dies. For standard fiber offered the optimal extractor.

**Keywords:** draw, drawing tool, optimization, optimal geometry.

При обработке металлов давлением широкое применение находит процесс волочения, заключающийся в протягивании заготовки через конический технологический инструмента (рис. 1). При этом сечение про-

тягиваемой заготовки принимает форму и размеры минимального сечения технологического инструмента. Наиболее широкое применение данный процесс нашел при производстве проволоки и прутков, имеющих поперечное сечение в форме круга [1].

Как и любой процесс обработки металлов давлением, процесс волочения характеризуется определенной энергоемкостью, снижение которой является актуальной задачей. Энергосиловые параметры при волочении определяются главным образом геометрией волочильного инструмента, основными характеристиками при этом являются угол наклона образующей волочильного инструмента к оси волочения  $\alpha_b$  и длина калибрующего пояска  $l_k$ . Оптимизация этих параметров позволяет обеспечить минимальные значения напряжения волочения, что приводит к снижению энергопотребления, уменьшению вероятности обрыва переднего конца заготовки, повышению единичных обжатий и стойкости волочильного инструмента.

Одним из основных параметров, характеризующих процесс волочения, является также коэффициент вытяжки

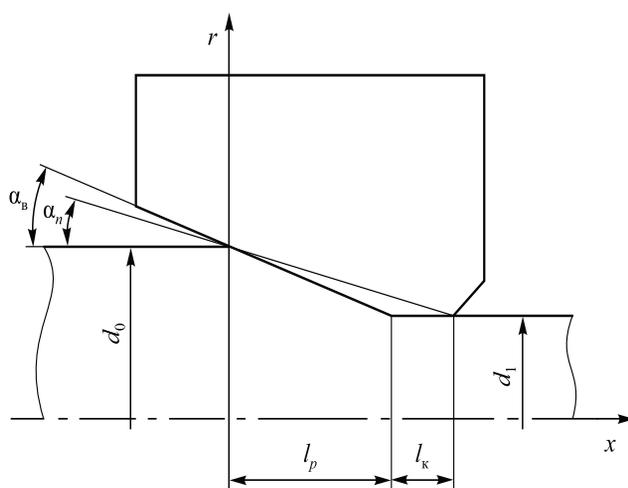


Рис. 1. Схема процесса волочения