



уйти от применения дорогостоящего специализированного оборудования и спецприспособлений, например гидрокопировального станка и СРП.

Применяя современные инструментальные материалы и прогрессивный инструмент, внедряя их в разработку современных высоких технологий, производства деталей металлургического производства, позволило резко поднять уровень функциональных и эстетических свойств изделия, при этом повышая качество рельефа и обеспечивая бездефектность поверхностного слоя.

Выполненная апробация результатов расчета управляющей программы и отработка технологии обработки на станке с ЧПУ в производственных мощностях завода указывает на практическую ценность данного проекта.

Данный проект обеспечивает высокие экономические, качественные, технологические показатели, что позитивно отразится на рентабельности данной продукции, как в украинской промышленности, так и за рубежом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов Я.В. Учет упрочнения металла при проектировании режима деформации на стане ХПТ // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2002. – № 8-9. – С. 423-427.

2. Григоренко В.У. Прогресивна технологія виробництва багатшарових труб з використанням процесу безперервної періодичної прокатки // Технологические системы. – 2002. – № 2(13). – С. 34-36.

3. Фролов Я.В. О влиянии параметров настройки инструмента на режим деформации при прокатке на станах ХПТ // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні: Темат. зб. наук. пр. ДДМА – Краматорськ. – 2002. – С. 312-317.

4. Ю.Ж. Шпак, И.А. Панасенко // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. Том 8. Пластична деформація металів. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2005. – С. 419-424.

УДК 004.94:621.771

### РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КАЛИБРА СТАНА ХПТ В СРЕДЕ POWER SHAPE

**В.А. Дербаб<sup>1</sup>, В.А. Дужак<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>кандидат технических наук, ассистент кафедры технологии горного машиностроения, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [DerbabaV@nmu.org.ua](mailto:DerbabaV@nmu.org.ua)

<sup>2</sup>студент группы ТМА-14-1, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [girl\\_mechanic@mail.ru](mailto:girl_mechanic@mail.ru)





**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности конструкции и геометрии основных узлов стана ХПТ и калибров к ним для прокатки особо тонкостенных прецизионных труб. В работе реализованы теоретические и практические исследования особенностей компьютерного моделирования сложного профиля калибра стана холодной прокатки труб.

*Ключевые слова:* моделирование, стан ХПТ, алгоритм, калибр, рабочая клеть, твердотельная модель.

## IMPLEMENTING OF GRAPHIC MODELING ALGORITHM OF COLD-ROLLING MILL USING DELCAM SOFTWARE

Vitaliy Derbaba<sup>1</sup>, Victoria Duzhak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., assistant of Mining Engineering Department, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [DerbabaV@nmu.org.ua](mailto:DerbabaV@nmu.org.ua)

<sup>2</sup>Student, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [girl\\_mechanic@mail.ru](mailto:girl_mechanic@mail.ru)

**Abstract.** In the article structural and geometrical features of main assembly units of cold-rolling mill and gauges for particularly high-precision light-wall tubes rolling are observed. In work theoretical and practical researches of computer modeling features of cold-rolling mill gauges complex opening are realized.

*Keywords:* modeling, cold-rolling mill, algorithm, gauge, cage, solid model.

**Введение.** Способ холодной пильгерной (*pilger*) прокатки труб, изобретенный в США в конце 20-х годов, как альтернатива волочению для малопластичных материалов, за время своего существования стал основным для производства труб из большинства известных металлов и сплавов. Основными преимуществами этого способа являются значительное обжатие металла, как по диаметру, так и по толщине стенки, высокая дробность деформации и небольшие технологические потери металла.

В настоящее время способом холодной прокатки производят трубы из большинства известных металлов и их сплавов при удовлетворении самых жестких требований по качеству.

Основными потребителями этих труб являются атомная и тепловая энергетика, химическая промышленность, самолетостроение и космическая техника.

**Цель работы.** На основании представленных чертежей заводов изготовителей создать оптимизированную твердотельную модель калибра в среде программы Power Shape, а также моделировать твердотельную заготовку после соответствующих расчетов согласно ГОСТ.



Калибр является неотъемлемой частью стана ХПТ. Калибр клетки стана относится к типу валов (цилиндров). Все поверхности, за исключением ручья, имеют цилиндрическую и плоскую форму, также все поверхности являются обрабатываемыми. Не смотря на технологичность конструкции детали, стоит отметить, что переменный профиль ручья, труднообрабатываемый материал калибра и специфичность конструкции станка, на котором его обрабатывают, доставляют немало проблем при его механической обработке в современных условиях производства на заводах.

**Материал и результаты исследований.** Важнейшими составляющими пильгерной прокатки являются длинноходовые быстроходные станы, оптимальный тепловой режим прокатки, эффективные калибровки инструмента и прогрессивные элементы технологического процесса. При холодной и теплой пильгерной прокатке труб в деформации металла участвуют калибры и оправка, а при прокатке сплошных профилей (прутков) – только калибры.

Калибры станов ХПТ (рис.1) – это сменные детали валков из закаленной инструментальной стали с твердостью поверхностей 46...62 HRC. Форма калибров зависит от угла разворота валков и способов крепления калибра в валке. Диаметр бочки калибра обычно равен диаметру валка, хотя известны станы, допускающие диапазон диаметров. У короткоходовых станков с углом разворота валков  $\sim 180^\circ$  калибры имеют форму полудиска или сегмента, а у станков с углом разворота валков более  $180^\circ$  – кольцевую или подковообразную форму.



Рис.1 – Калибры станов ХПТ



Рис. 2 – Индикаторный глубиномер часового типа со шкалой и левым ходом



Рис. 3 – Штангенциркуль с цифровым отсчетным устройством



Главной рабочей частью калибров является ручей переменного сечения, от формы и размеров которого зависят результаты прокатки: размеры и точность прокатываемых труб, сила прокатки, срок службы калибров и производительность стана. Профиль калибра получают на станке типа ЛР-41 после ручной финишной доработки или на станке типа КВ47 фирмы MDM.

До настоящего времени на практике (кроме станков с ЧПУ) не применяются приборы, позволяющие контролировать форму поперечного сечения ручья. Контроль производится только по двум параметрам: глубине  $H$  и ширине  $B$ . Глубину ручья контролируют индикаторным глубиномером (рис. 2) с ценой деления индикатора 0,01 мм, а ширину – штангенциркулем (рис. 3).

Для изготовления инструмента для холодно-пильгерной прокатки требуется специальное оборудование. Оправки и опорные планки обычно изготавливают на стандартных кругло-, - и плоскошлифовальных станках с ЧПУ (рис. 4) после предварительной обточка. Изготавливать калибры переменного сечения можно только на специализированных станках. Самыми распространенными являются специальный круглошлифовальный станок с ЧПУ GG-52 SMS-Meer (Германия) и станок для обработки ручья калибров модели «ЛЗ-250».

#### *Компоновка*

Станы поставляются в однониточном и двухниточном исполнении. В двухниточных станах настройка калибров на размер прокатываемой трубы и настройка положения оправки в рабочей зоне обеспечиваются индивидуально в каждой нитке, чем достигается равноценное с однониточными станами качество прокатываемых труб.

Станы выполняются с торцовой загрузкой с двумя патронами заготовки и двумя патронами стержня. Учитывая специфический характер производства особо тонкостенных труб для некоторых видов труб целесообразно использование компоновки с торцовой загрузкой с упором в торец заготовки.

#### *Технологическая схема прокатки*

Основной вариант технологической схемы прокатки - двойной поворот и двойная подача с прокаткой при прямом и обратном ходе. В особо ответственных случаях для достижения максимальной однородности структуры (например, при производстве особо тонкостенных труб малого диаметра из циркониевых сплавов) целесообразна технологическая схема прокатки с исключением деформации при обратном ходе калибров.



Рабочая клетка стана выполняется с подвижной силовой станиной и подвижной валковой кассетой с кольцевыми калибрами. В зависимости от сортамента прокатываемых труб рабочая клетка может выполняться с двумя, тремя или четырьмя валками.

Трёхвалковая универсальная рабочая клетка (рис. 5а) может оснащаться как калибрами с переменным сечением ручья, так и роликами с постоянным сечением ручья и профильными опорными планками. Синхронизация движения кассеты и силовой станины обеспечивается с помощью рычажной системы.

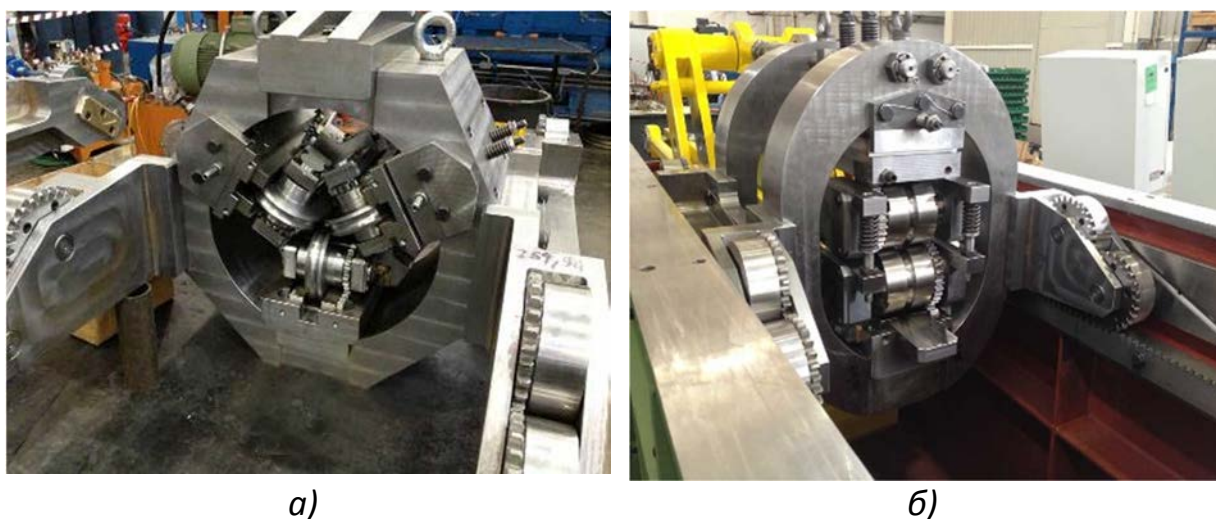


Рис. 5 – Общий вид стана ХПТ-30:  
а) трехвалковый; б) двухвалковый

Исключение деформации при обратном ходе обеспечивается дополнительным устройством в линии синхронизации движения силовой станины и кассеты.

Калибры работают при больших изгибающих и контактных нагрузках, например, в стане ХПТ-75 усилие зажатия трубы 20 кН (2000 кгс). Также в процессе работы идет интенсивный износ поверхности ручья, поэтому к ним предъявляют требования износостойкости, а значит и твердости. Таким требованиям соответствует сталь 60С2ХФА. Это конструкционная рессорно-пружинная сталь, которая имея высокие показатели механических свойств, высокое содержание углерода и легирующих элементов, плохо поддается механической обработке. Учитывая особенность обработки, вес заготовки (65 кг), а также переменное сечение ручья, необходимо обратить внимание на инструментальный материал токарных, фрезерных, сверлильных и других инструментов лезвийной группы.

*Реализация алгоритмов построения поверхностей в Power Shape*







Проанализировав служебное назначение детали, технические требования к детали, способ получения заготовки, базовый ТП, разработаем маршрут обработки детали с применением высокопроизводительного оборудования – станков с ЧПУ.

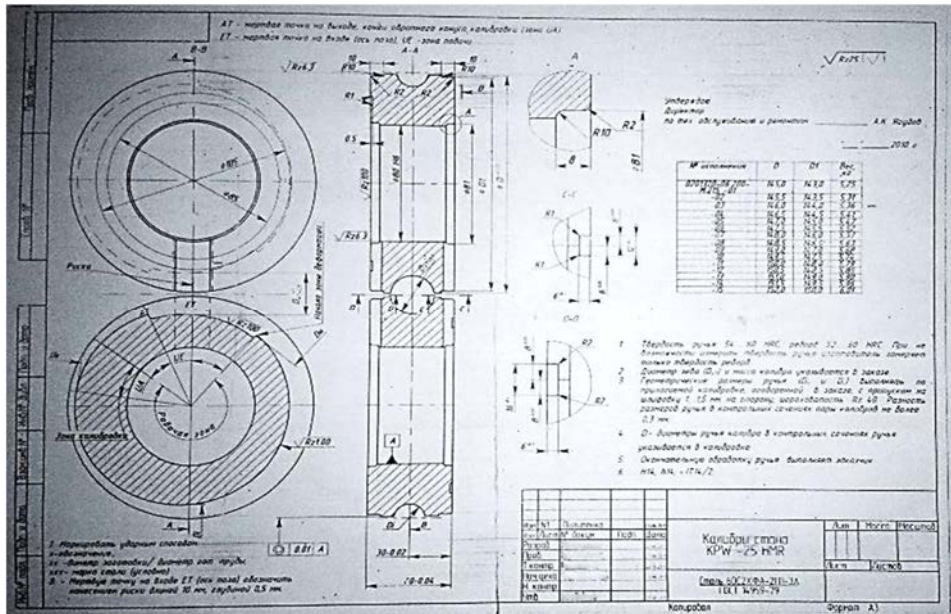


Рис. 6 – Чертеж калибра ХПТ

На основании представленных чертежей заказчика (рис. 6) проектируем твердотельную модель калибра с переменным ручьем в среде Power Shape. Маршрут построения калибра показан на рис.7.

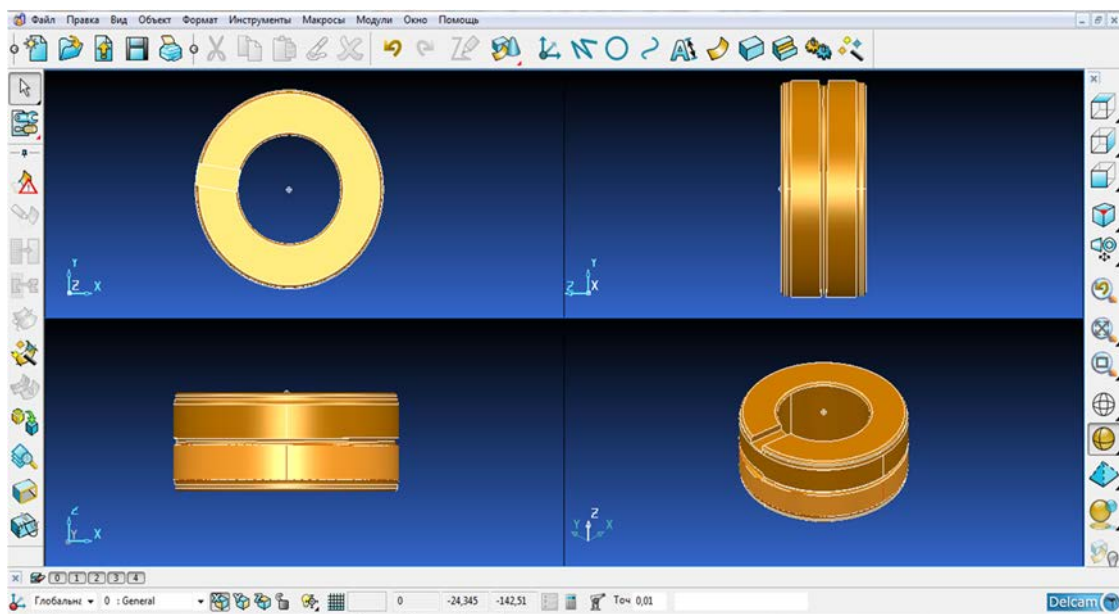


Рис. 7 – Трехмерная модель калибра в системе Power Shape



Все конструктивные элементы деталей были спроектированы в программе Power Shape с выдерживанием полной детализировки, согласно чертежу заводов, их технических условий (ТУ) и требований. Переменный ручей на поверхности калибра (рис. 8) был выполнен по нескольким сечениям с применением функции Automatic Surfacing/Drive-Curve (рис. 9).

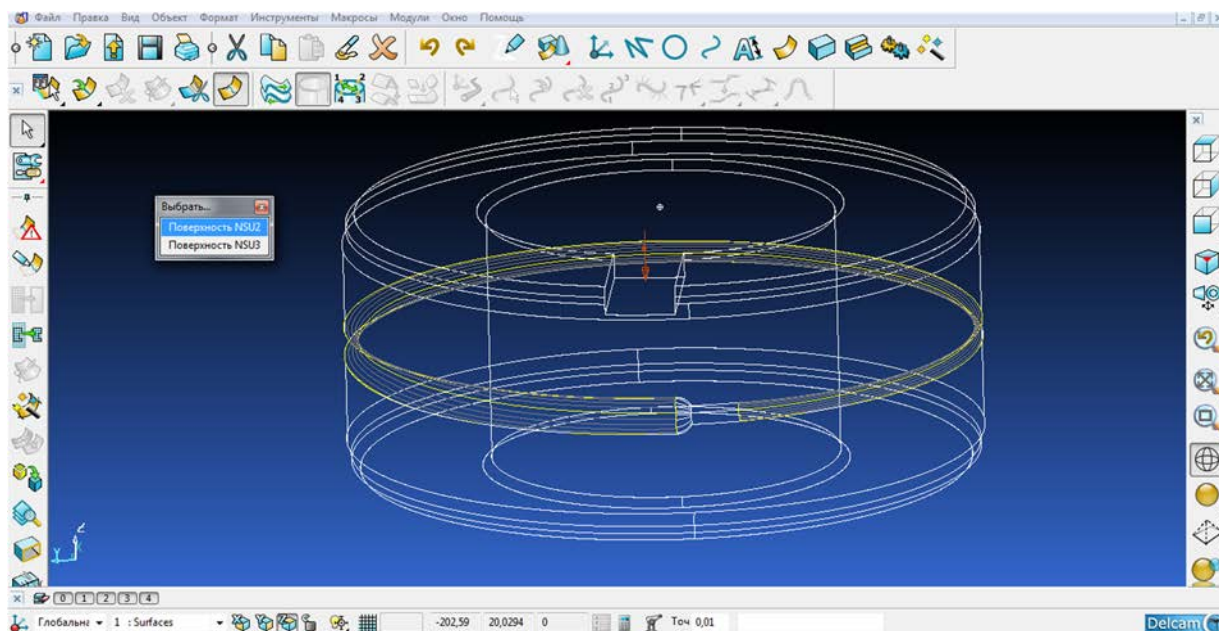


Рис. 8 – Построение ручья переменного сечения

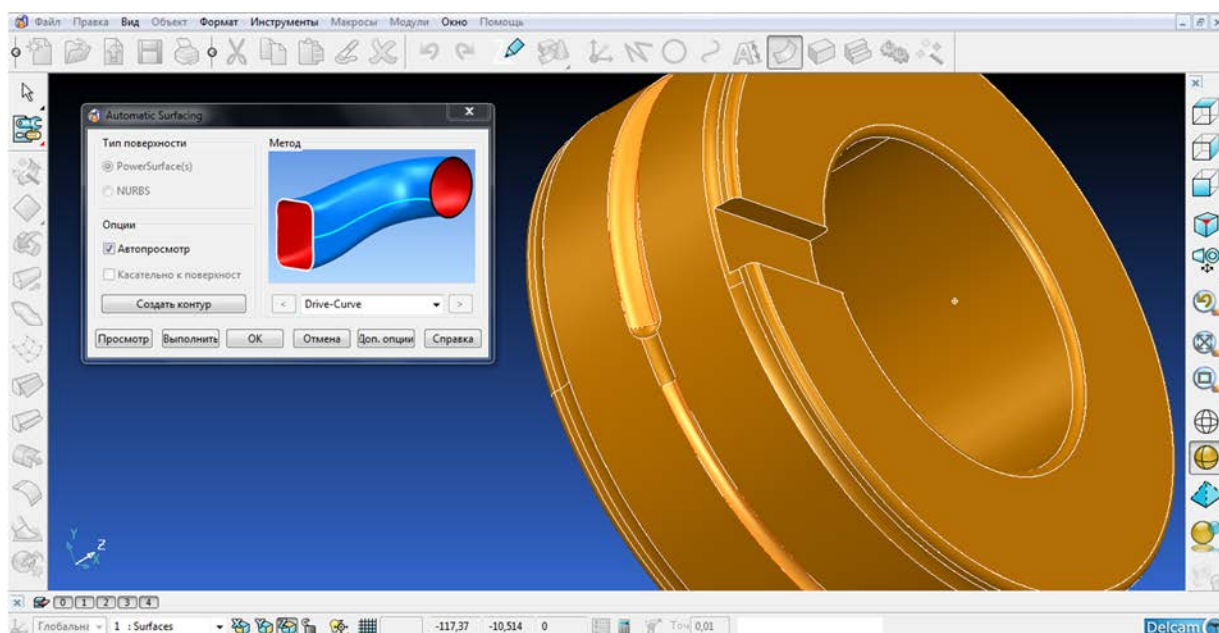


Рис. 9 – Функция Automatic Surfacing

Наглядное представление переменного сечения ручья калибра представлено на рис. 10 в виде динамического сечения детали.

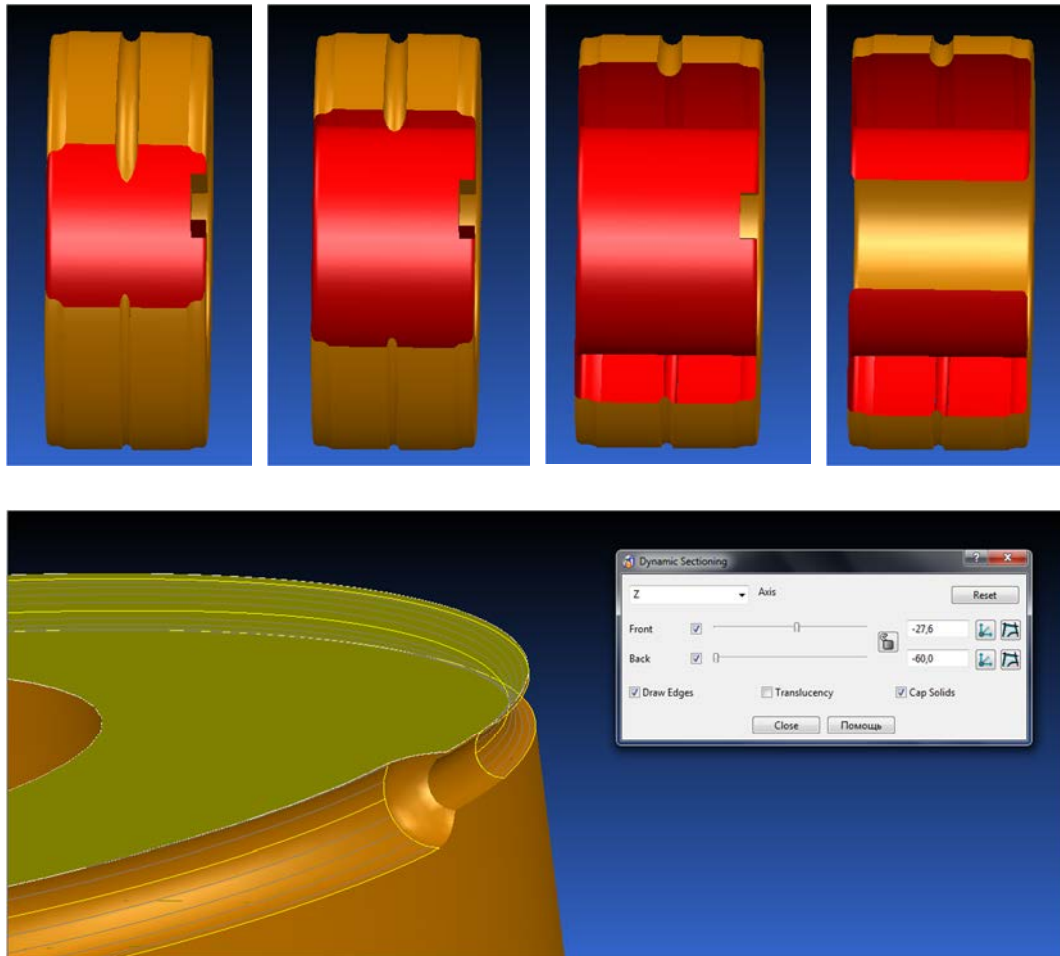


Рис. 10 – Динамическое сечение модели калибра

Затем были выполнен расчет припусков и построение заготовки (рис. 11) по выбранным деталям для дальнейшего экспорта образца заготовки в формат \*.stl (Stereolithographic File STL Format) и импорта модели заготовки в систему Power MILL.

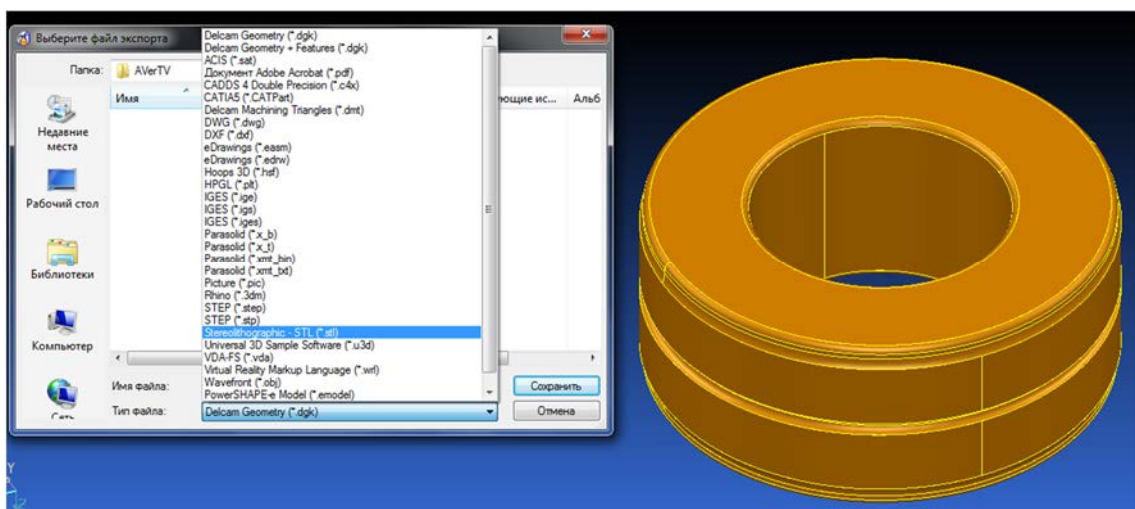


Рис. 11 – Экспорт заготовки в формат STL





Окончательный вариант твердотельной модели калибра представлен на рис. 12.

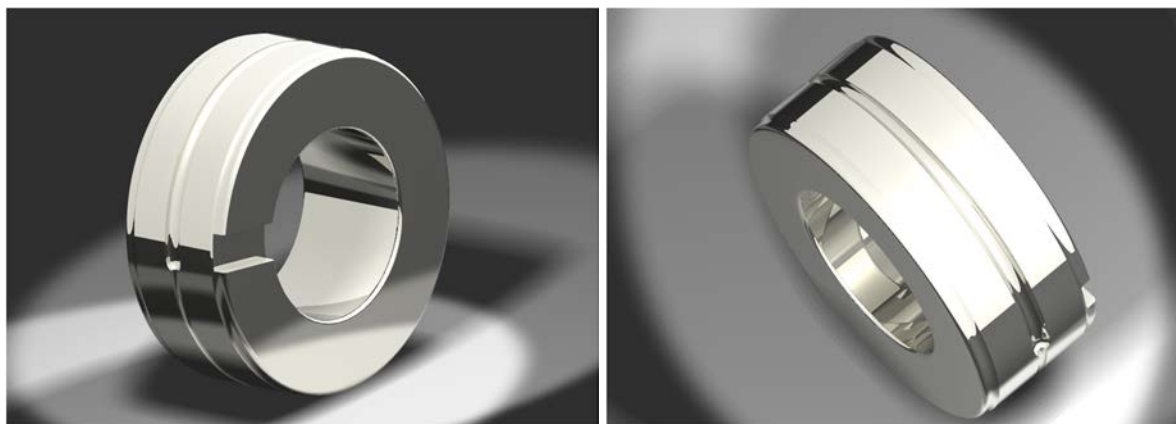


Рис. 12 – Готовая деталь – калибр ХПТ

**Вывод.** Впервые, для обработки сложной геометрии калибров ХПТ, применена CAD/CAM система нового поколения. Выполнена адаптация файла модели и заготовки для возможности их последующей механической обработки в нескольких САМ-системах. В твердотельной модели выполнен контроль сшивания поверхностей с точностью отрисовки 0,001 мм в САД-системе Power Shape. Применение программного обеспечения Power Shape обеспечивает повышение точности геометрии сложного профиля ручья и калибра в целом, на качество его приповерхностного слоя после его механической обработки.

Проект наглядно представляет возможность оптимизации технологических процессов металлургической отрасли благодаря применению эффективных программных продуктов «Power Solution».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкция ремонт и обслуживание станов холодной прокатки труб / Л.А. Кондратьев, Ю.Б. Чечулин, Н.Т. Богданов, Н.С. Макаркин. – М.: Металлургия. 1994. – 352 с.
2. Холодная пильгерная прокатка труб: Монография / Фролов В.Ф. Данченко В. Н. Фролов Я. В. – Днепропетровск: Пороги, 2005. – 260 с.
3. Определение режима деформации при теплой пильгерной прокатке котельных труб с однородной структурой / Я.В. Фролов, Ю.Ю. Мацко, Ю.Ж. Шпак, И.А. Панасенко // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. Том 8. Пластична деформація металів. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2005. – С. 419-424.