

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПОПЕРЕЧНО КЛИНОВЫМ ПРОКАТОМ ПОКОВКУ РЕЗЦА РШ 38/30-75L53/19

Д.М.Бердиев <sup>1</sup>, А.Н.Пушанов <sup>1</sup>, М.Г.Алленов <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский Государственный технический университет им. И.Каримова

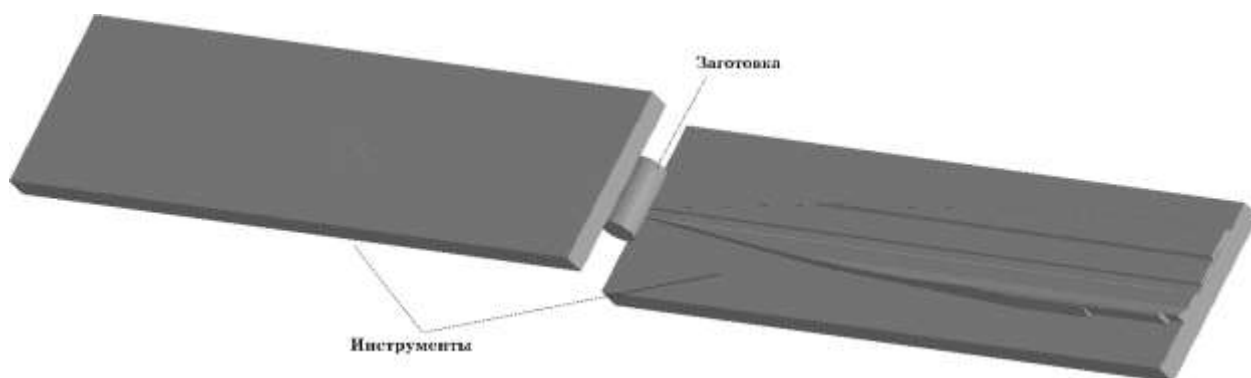
<sup>2</sup>Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

**Аннотация:** Представлены результаты исследования процесса получения резца РШ 38/30-75L53/19 методом поперечно клиновой прокатки с помощью компьютерного моделирования.

**Ключевые слова:** резец РШ 38/30-75L53/19, поперечно-клиновая прокатка, метод конечных элементов, программный комплекс Qform.

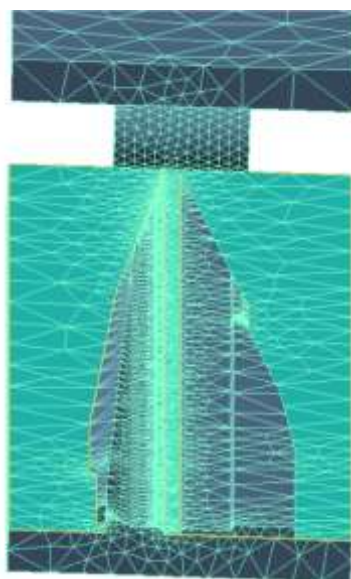
Задачей этого исследования является процесс получения резца РШ 38/30-75L53/19 поперечно-клиновой прокаткой, для выявления наиболее оптимальных режимов их ведения. Метод поперечно-клиновой прокатки является эффективным при серийном и крупносерийном производстве. Использование поперечно клиновой прокатки даёт возможность сделать получаемую деталь более прочным, также увеличивает его производительность.

Схема получения резца РШ 38/30-75L53/19 методом поперечно клиновой прокатки который показан на рис.1. заключается в обработке металла осесимметричными формами с помощью клиновидных инструментов. Инструмент устанавливается в плоских плитах прокатных станов. В процессе ПКП, инструмент состоит из трех следующих зон: ножевой, формовочной и калибровочной. В ножевой зоне клин постепенно погружается в материал, уменьшая диаметр заготовки до предполагаемого значения. В зоне формования за счет воздействия боковых стенок клина происходит спиральное обжатие по всей длине  $l$  прокатываемой ступени. В зоне калибровки заготовка подвергается ротационному обжатию, в ходе которого удаляются все неровности формы, образовавшиеся на предыдущих этапах процесса.



**Рис.1.** Схема процесса поперечно клиновой прокатки для получения поковку резца «РШ 38/30-75L53/19».

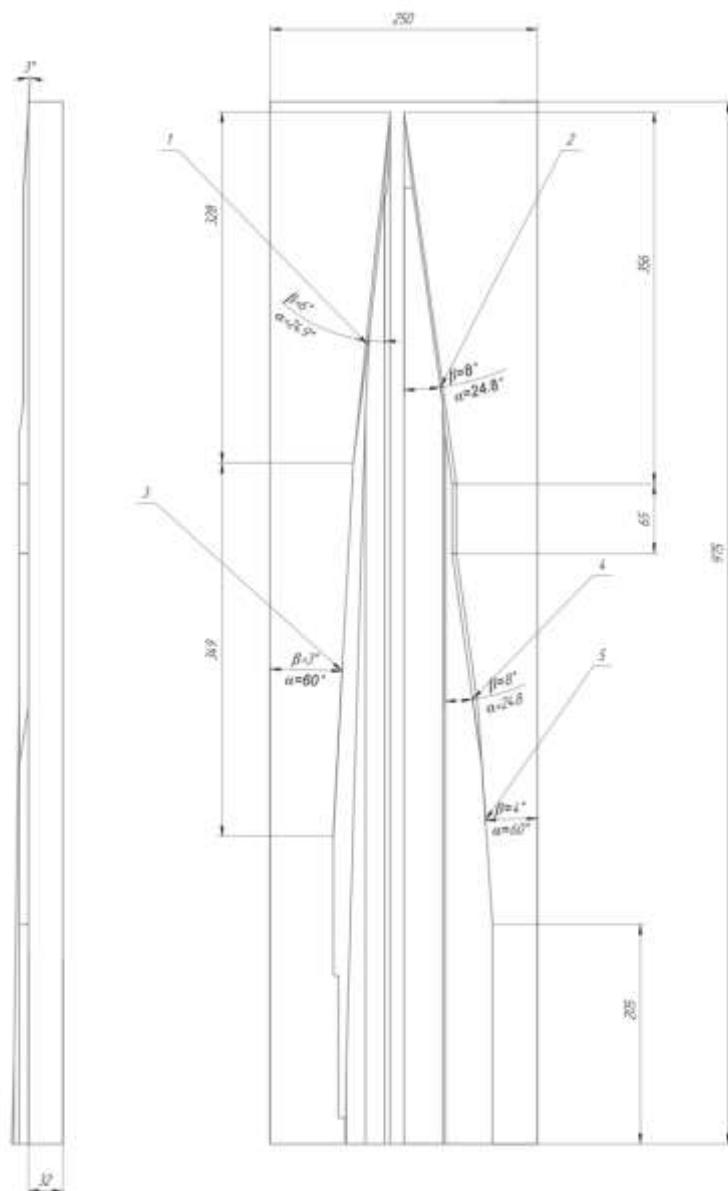
Для анализа процесса изготовления резца РШ 38/30-75L53/19 был использован программный комплекс QForm 2D/3D. Конечно-элементная модель представлена на рис. 2.



**Рис.2. Конечно-элементная модель.**

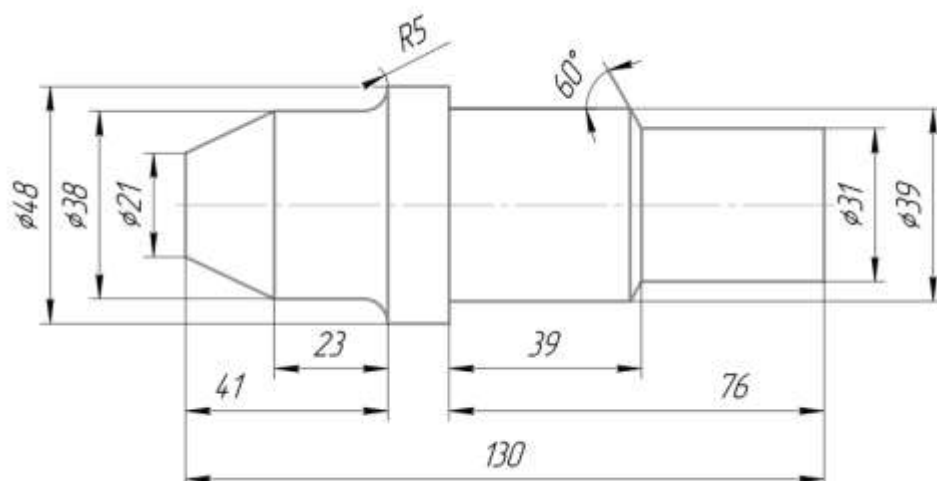
В ходе процесса спроектирован инструмент - для поперечно-клиновой прокатки изделия «РШ 38/30-75L53/19», который содержит две инструментальные плиты с параллельными опорными поверхностями, имеющие одинаковые противоположные клиновые деформирующие элементы с деформирующей гранью и с плоской калибрующей гранью, наклоненной к опорной поверхности, отличающийся тем, что, с целью повышения качества изделий путем уменьшения некруглости их конических концевых частей за счет минимизации объема металла, вытесняемого калибрующими гранями, каждый клиновой деформирующий элемент выполнен с дополнительной деформирующей гранью, сопряженной с его калибрующей и деформирующей гранями, образующая которой прямолинейна, параллельна опорной поверхности и имеет длину, меньшую длины проекции образующей деформирующей грани на опорную поверхность.

В инструменте реализованы углы наклона боковой грани и углы заострения для получения изготавливаемой детали (рис.3). В деформирующем клине 1, реализованы угол заострения  $\beta_1 = 6^\circ$  и угол наклона боковой грани  $\alpha_1 = 24.9^\circ$  на длине 328 мм, в деформирующем клине 2, угол заострения  $\beta_2 = 8^\circ$  и угол наклона боковой грани  $\alpha_2 = 24.8^\circ$  на длине 356 мм, в деформирующем клине 3, угол заострения  $\beta_3 = 3^\circ$  и угол наклона боковой грани  $\alpha_3 = 60^\circ$ , на длине 349 мм, в деформирующем клине 4, угол заострения  $\beta_4 = 8^\circ$ , и угол наклона боковой грани  $\alpha_4 = 24.8^\circ$ , на длине 140 мм, в деформирующем клине 5, угол заострения  $\beta_5 = 4^\circ$ , и угол наклона боковой грани  $\alpha_5 = 60^\circ$ , на длине 209 мм. Толщина инструмента 32 мм. Инструменты ПКП выполнены из высоколегированной стали 5ХНМ. Начальная температура инструментов составляет  $20^\circ\text{C}$ . При процессе ПКП нижняя часть инструмента останется неподвижной, а верхняя часть будет двигаться со скоростью 150 мм/сек.



**Рис.3. Геометрические параметры инструмента**

Диаметры формируемой ступеней РШ 38/30-75L53/19  $d_1 = 21$  мм,  $d_2 = 38$  мм,  $d_3 = 48$  мм,  $d_4 = 31$  мм,  $d_5 = 39$  мм, а также длина прокатываемого сечения  $l = 130$  мм. (Рис.4.). Степени обжатия соответственно  $\delta_1=2,29$ ,  $\delta_2=1,26$ ,  $\delta_3=1$ ,  $\delta_4=1,55$ ,  $\delta_5=1,23$ , то есть  $1 \leq \delta \leq 2,29$ . Для изготовления детали с такими размерами выбрана заготовка в форме прутка имеющий длину 98 мм в диаметре 48 мм. Материал заготовки выполнен из стали 35ХГСА. Начальная температура заготовки 1200°C.



**Рис.4. Геометрические параметры изготавливаемой детали**

Благодаря расчетам, выполненным с помощью QForm 2D/3D, можно проследить ход процесса прокатки резца РШ 38/30-75L53/19, показанного на рисунке 5. Таким образом, было доказано, что изготавливаемая деталь должна сформироваться правильно. Модель сформированной детали (вместе с концевыми отходами), представленная на рисунке 6, подтверждает это. Более того, на основе сформированной готовой детали с концевыми отходами металла на торцевой части, можно утверждать, что процесс прокатки может быть дополнительно оптимизирован за счет уменьшения объема заготовки.

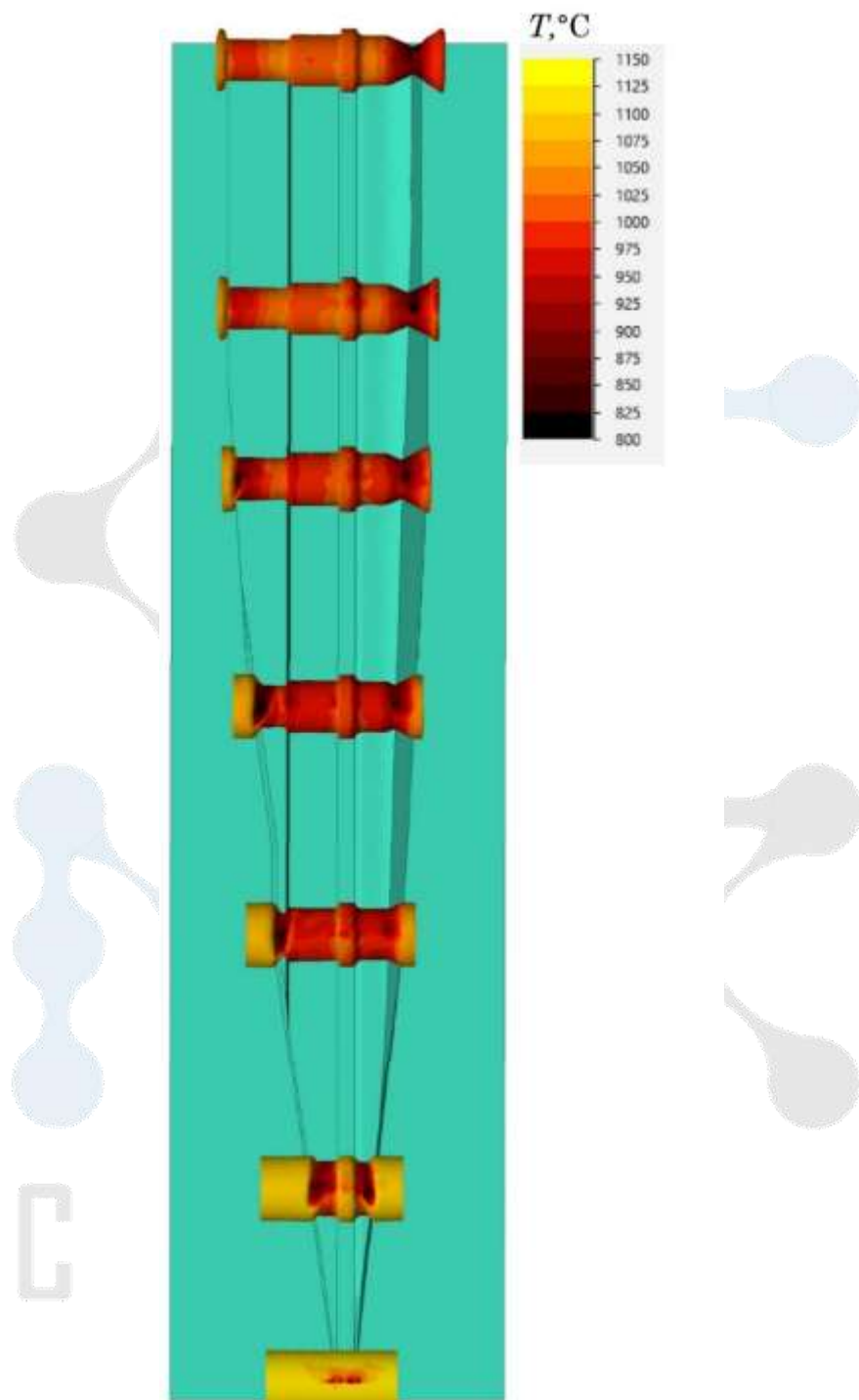
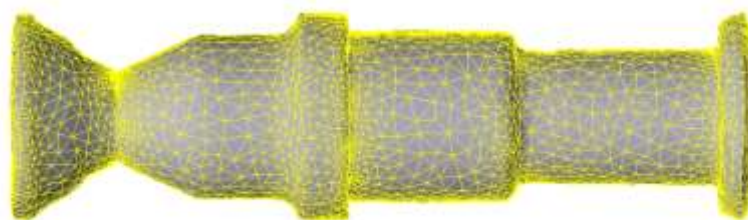


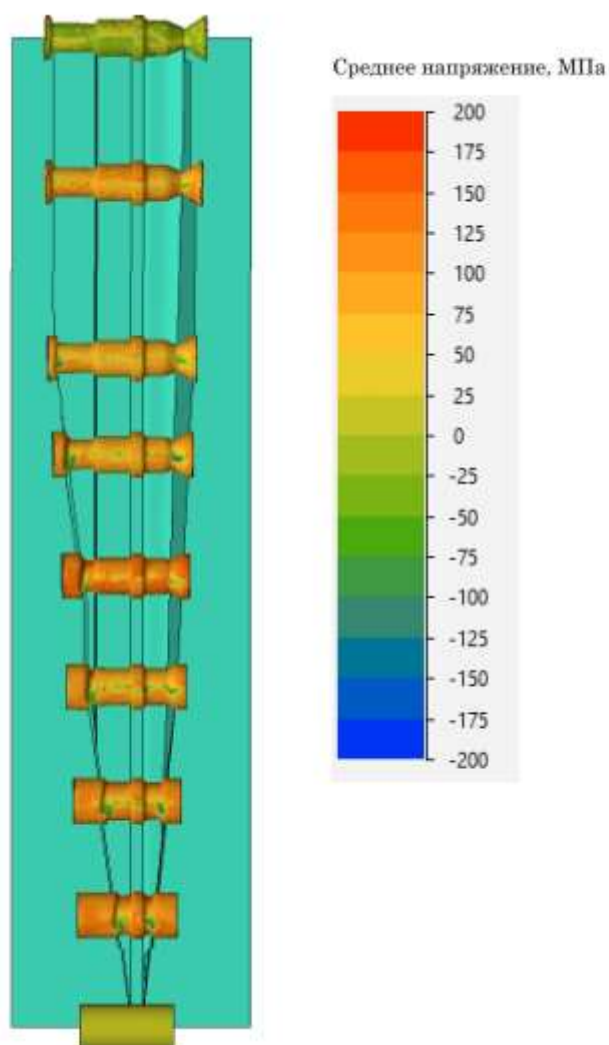
Рис.5. Изменение формы заготовки при прокатке поковку резца РШ 38/30-75L53/19 с указанием распределения температуры (в  $^\circ\text{C}$ )



**Рис.6. Изготавливаемая деталь (вместе с концевыми отходами)**

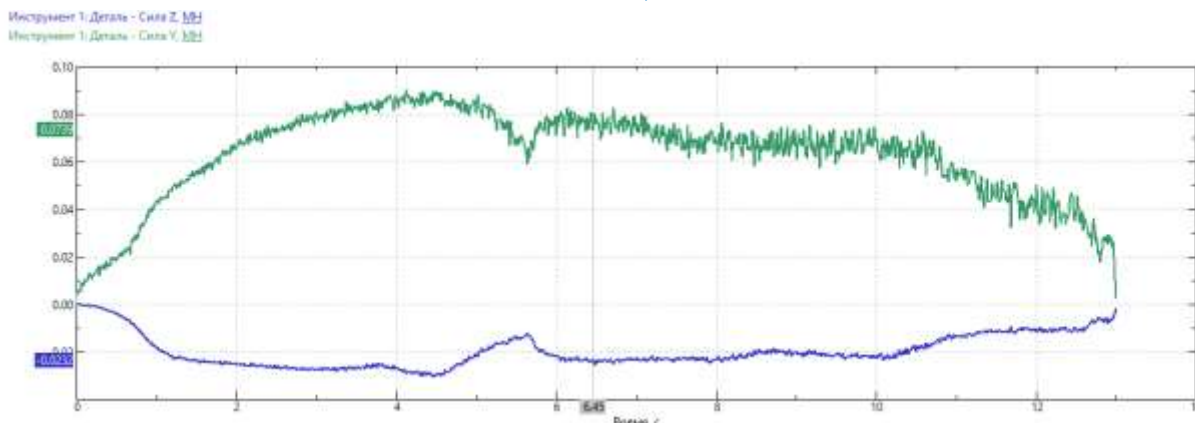
Рисунок 5 также иллюстрирует изменения температуры материала заготовки, происходящие в ходе процесса формования. В результате длительного воздействия инструмента на материал (время прокатки составляет около 13 сек) температура материала снижается. Однако снижение температуры, вызванное теплообменом, компенсируется за счет тепла, выделяемого при деформации и работе трения.

В программе Qform выполнялось 1921 шагов расчёта. В результате расчёта на каждом шаге определялись, перемещения  $U$ , деформация  $\epsilon$ , скорость деформации  $\xi$ , среднее напряжение  $\sigma_m$  (равное  $\frac{1}{3}$  суммы напряжений, расположенных на главной диагонали тензора напряжений), компоненты тензоров деформации и напряжений, интенсивность деформаций, интенсивность напряжений, сила нормального давления, сила трения на поверхности контакта металла с инструментом. Некоторые расчёты представлены в этой статье.



**Рис.7. Изменение формы заготовки при прокатке поковку резца РШ 38/30-75L53/19 с указанием распределения средних напряжений (в МПа)**

Также в результате проведенного численного моделирования удалось определить распределения составляющих силы обкатывания: тангенциальной (движущей в клине, сила по оси Z) и радиальной (перпендикулярной к размерной поверхности инструмента, сила по оси Y). Эти распределения представлены на рисунке 8, и их анализ показывает, что наибольшие усилия возникают при прокатке захватной части резца РШ 38/30-75L53/19 (диаметром 30 мм), что обусловлено тем, что из-за наибольшего уменьшения поперечного сечения заготовки площадь контакта материала с инструментом достигает наибольшего значения.



**Рис.8. Распределение составляющих сил качения, возникающих при обкатывании поковку резца РШ 38/30-75L53/19.**

**Вывод:**

1. Используя программный комплекс «Qform», выполнено компьютерное моделирование процесса прокатки поковку резца РШ 38/30-75L53/19. При этом рассматривался процесс формирования ступеней заготовки, профиль которого соответствует чертежу изготавливаемой детали, поперечной прокаткой с помощью подвижной и неподвижной инструментов.
2. На основании выполненных расчётов определены параметры напряженно-деформированного состояния заготовки в процессе прокатки, радиальные и тангенциальные силы, действующие на подвижный инструмент, изменение температуры заготовки в процессе накатывания и другие параметры.
3. Полученная информация о тангенциальных силах накатывания может быть использована в качестве исходных данных при определении мощности привода прокатных станков и расчёте деталей привода.
4. Информация о радиальных силах накатывания и касательных напряжениях на поверхности контакта накатываемой заготовки с инструментом использовалась в рамках данной работы при разработке методик прогнозирования точности резца РШ 38/30-75L53/19 и прогнозирования износостойкости инструмента.

**Список использованных литератур:**

1. Pater, Z. Cross-Wedge Rolling. In Comprehensive Materials Processing; Button, S. T., Ed.; Elsevier Ltd., 2014; Vol. 3, pp 211–279.
2. Model Selection and Dragging Parameters in Cross-Wedge Rolling / I. Klyueva, O. Belokurov, M. Allenov, I. Andryushchenko // Key Engineering Materials. 2022. Vol. 910 KEM. P. 265–270. URL: <https://doi.org/10.4028/p-3axx1m> (дата обращения: 15.01.2025).
3. Allenov M. G., Belokurov O. A. Evaluation of the friction factor influence on the results of cross-wedge rolling simulation in qform software // Solid State Phenomena. 2020. Vol. 299. P. 494–500. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.299.494> (дата обращения: 15.01.2025).
4. Конечно-элементное моделирование технологических процессовковки и объёмной штамповки: учебное пособие / [А. В. Власов и др.] ; под ред. А. В. Власова. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. — 383.
5. Klusin, V. A.; Makusok, E. M.; Scukin, V. J. Development of Cross-Wedge Rolling; Nauka i Technika: Minsk, 1980. in Russian.
6. Scukin, V. J. Bases of Cross-Wedge Rolling; Nauka i Technika: Minsk, 1986. in Russian.