

Рациональная область применения «Эффекта Баушингера» в комбинированных методах волочения

к.т.н. Щедрин А.В., Ульянов В.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана.

к.т.н. Бекаев А.А., к.т.н. Скоромнов В.Н., Кембу Г.С., Козлов А.Ю.
МГТУ «МАМИ».

Как показывает системный анализ комбинированных методов обработки применение фундаментальных физических эффектов, к которым относится «эффект Баушингера», позволяет интенсифицировать технологические процессы, в том числе и технологии получения высококачественных профилей волочением.

Для проверки данного технического решения были изготовлены шариковые фильеры с двенадцатью закаленными шариками диаметром 7,104 мм (диаметр по вершинам шариков в сборе 21,33 и 21,47 мм) из стали ШХ-15, а также режущие фильеры из стали Р6М5 с диаметром рабочего канала по калибрующей ленточке 21,3 и 21,52 мм, передним углом 15° , задним углом 3° .

Экспериментальными образцами заготовки служили цилиндрические штоки длиной 150 мм из стали 45 (твёрдость по Бринеллю 1850 МПа). Образцы обрабатывались с точностью до 0,03мм и шероховатостью поверхности Ra_3 0,5 мкм.

Для захвата патроном волочильного устройства образцы имели двусторонние резьбовые шейки. Скорость волочения 1м/мин, технологическая смазка -минеральное масло марки И-40.

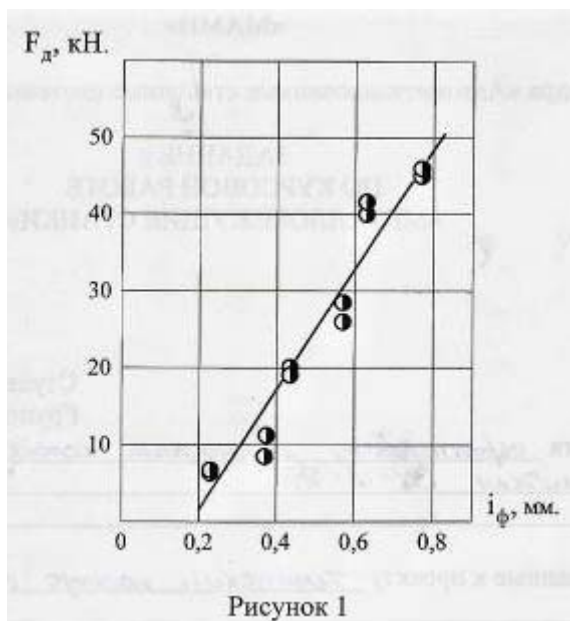


Рисунок 1

На рис.1 представлена зависимость суммарного усилия предварительного деформирования шариковой фильерой F_d от фактического натяга пластического деформирования i_{ϕ} на диаметр.

Анализ данной зависимости показывает, что реализация режима трения качения при определенных условиях позволяет снизить усилие обработки по сравнению с волочением инструментом, работающим в режиме трения скольжения.

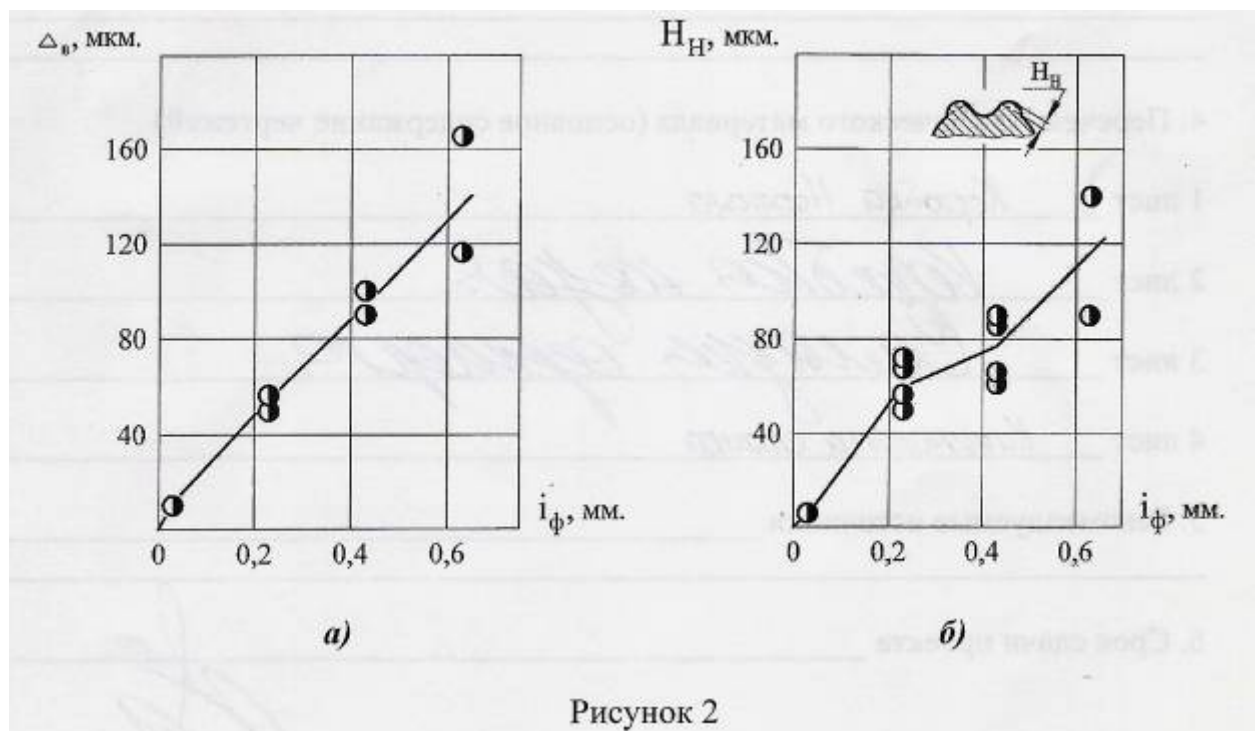


Рисунок 2

При этом поверхности выдавленных радиусных канавок характеризуется величиной упругого восстановления $\Delta\epsilon$ (рис.2а) и образованием на их краях наплывов обрабатываемого материала высотой H_H (рис 2б), значения которых увеличиваются по мере увеличения степени деформации i_ϕ .

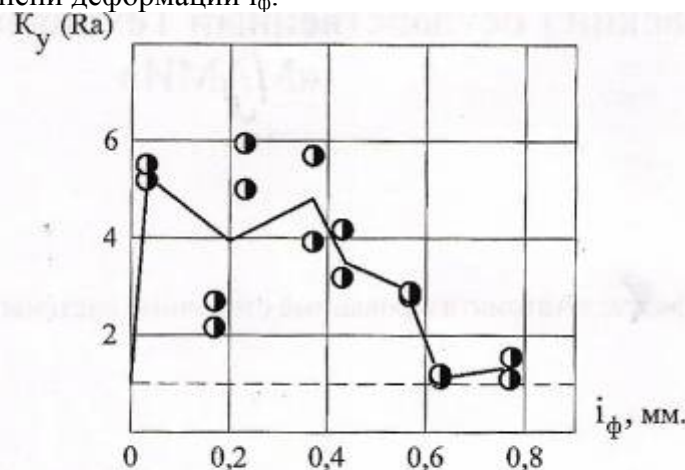


Рисунок 3

После замера параметра шероховатости Ra_d поверхности выдавленных радиусных канавок была построена зависимость от i_ϕ коэффициента уточнения $K_y(Ra)=Ra_3/Ra_d$ (рис.3), из анализа которой видно, что при $i_\phi < 0,37$ мм поверхности слой образцов интенсивно уплотняется, а при $i_\phi > 0,37$ мм – разупрочняется. Упрочнение связано с ростом $K_y(Ra)$ вследствие деформации микровыступов исходной шероховатости.

Разупрочнение дополнительно подтверждается «шелушением» поверхности в результате передеформирования, которое приводит к ухудшению шероховатости и снижению $K_y(Ra)$.

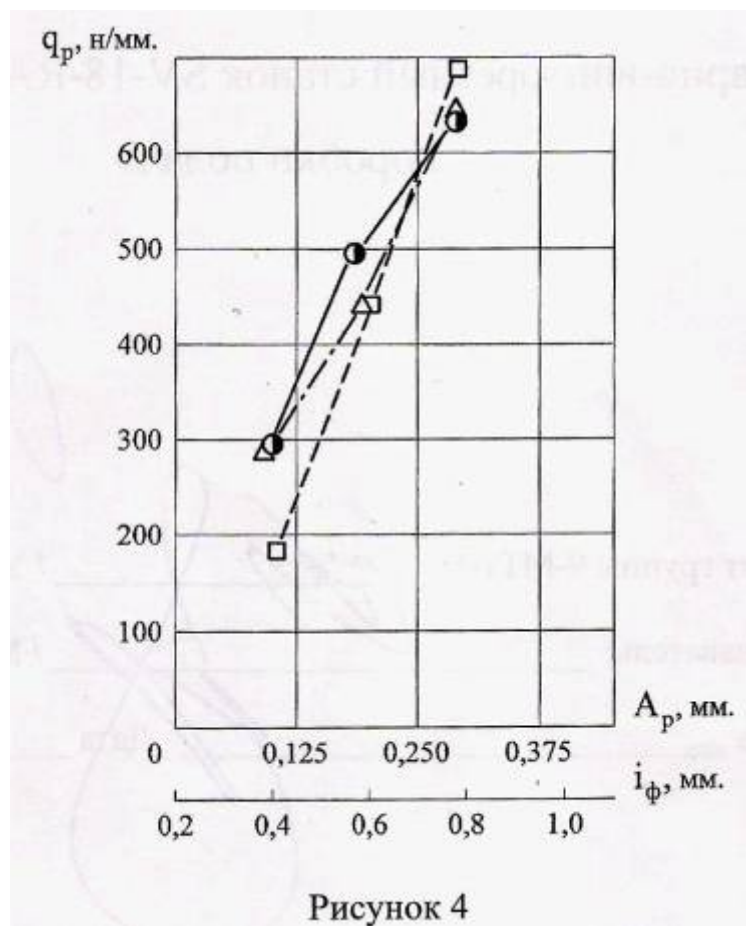


Рисунок 4

На рис.4 представлено зависимость удельного усилия резания q_p от фактической толщины срезаемого слоя A_p (шкала i_ϕ введена для большей наглядности).

Из полученных графиков видно, что при $A_p \approx 0,2$ мм в случае последующего резания против направления предварительного деформирования может быть реализован «эффект Баушингера» со снижением удельного усилия резания на 8% по сравнению с резанием в направлении предварительного деформирования.

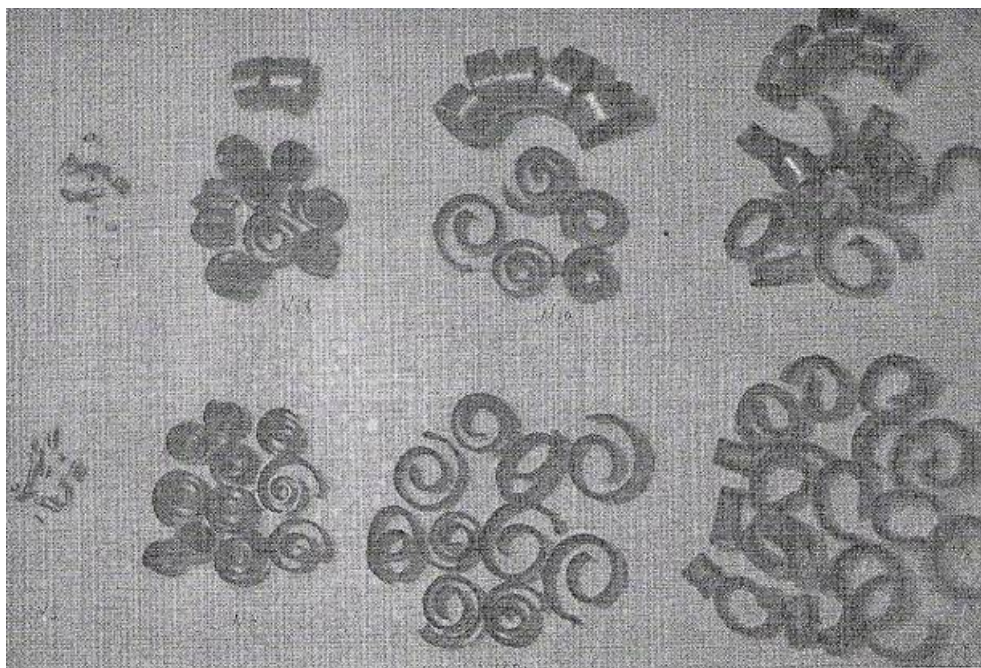


Рисунок 5

При этом в обоих случаях наблюдалось существенное улучшение процесса стружкообразования путем разделения стружки за счет предварительно выдавленных продольных радиусных канавок (рис.5).



Рисунок 6

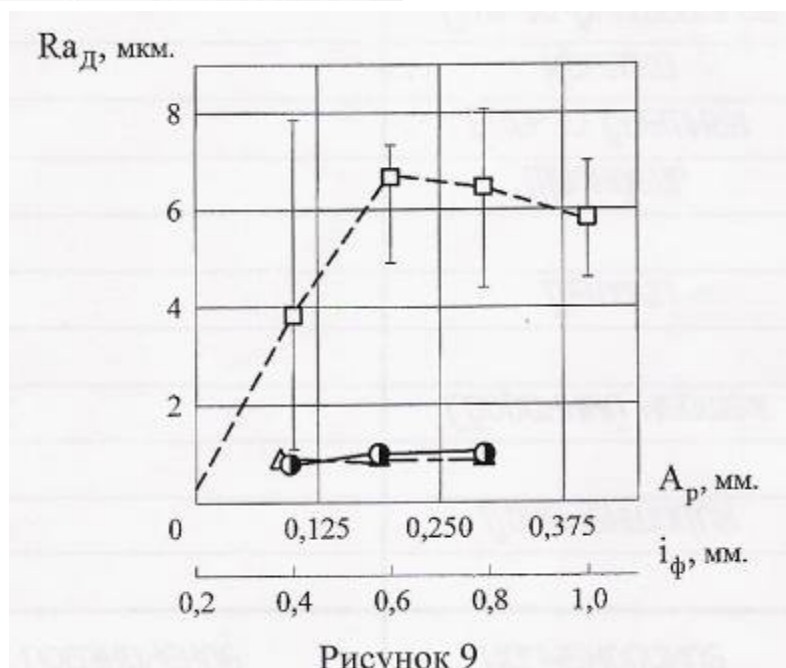
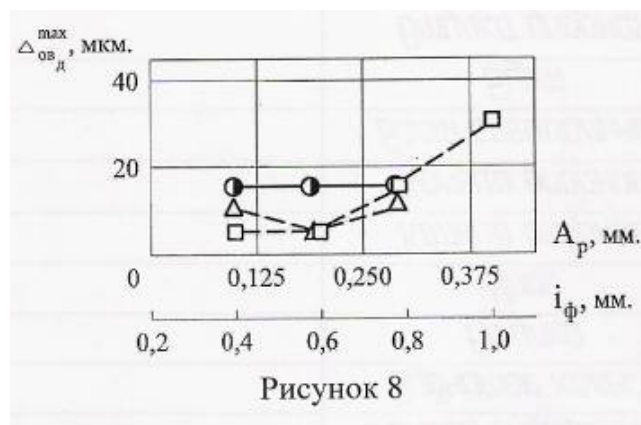
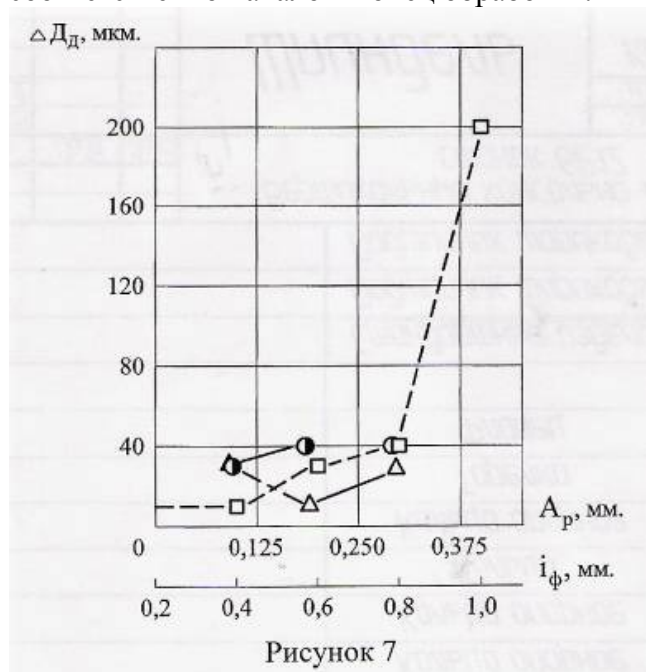
Наоборот, при резании без предварительного деформирования образуется кольцевая неразделенная стружка (рис.6), которая приводит к относительному превышению удельного усилия резания при $A_p > 0,25$ мм. Дополнительно процесс резания без предварительного деформирования характеризовался значительными вибрациями

элементов технологической системы.

Существенное улучшение размерно-геометрической точности и шероховатости поверхности изделий путем реализации « эффекта Баушингера » демонстрируют зависимости, представленные на рис. 7-9.

При этом, как показывают профили образцов – деталей (рис.10), размерная точность (рис.7) повышается за счет улучшения геометрической точности как в поперечных (овальность рис. 8), так и в продольных сечениях. Применительно к методам волочения наибольшее влияние на размерную точность (параметр ΔD_d рис.7) оказывает геометрическая точность в продольных сечениях – в виде максимального отклонение профиля продольного сечения $\Delta_{нс.д.}^{max} \approx (\Delta D_d - \Delta_{ов.д.}^{max})$.

Где $\Delta_{ов.д.}^{max}$ – максимальная овальность образцов деталей (рис.8) , НО и КО – соответственно начало и конец обработки.



Используя объемные профили (рис.10), определяли средний диаметр образцов

деталей после режущего воздействия, который затем сравнивали с диаметром режущей фильеры по калибрующей ленточке. На основании чего оценивали характер и величину остаточной деформации в виде упругого восстановления поверхности Δ_B , или в виде ее упругой усадки Δ_Y .

Как следует из зависимости (рис.11), при резании по предварительно деформированному слою все образцы детали имеют усадку поверхности Δ_Y .

Однако, в случае резания против направления предварительного деформирования Δ_Y стремится в положительную область Δ_B , которая характеризуется средним диаметром получаемых деталей большим, чем диаметр рабочего канала режущей фильеры. Это объясняется следующим: При совпадении направления деформирования и резания в образцах возникает деформация растяжения, а при разнонаправленности предварительного деформирования и последующего резания происходит соответствующая суперпозиция деформаций растяжения и сжатия в поверхностном слое.

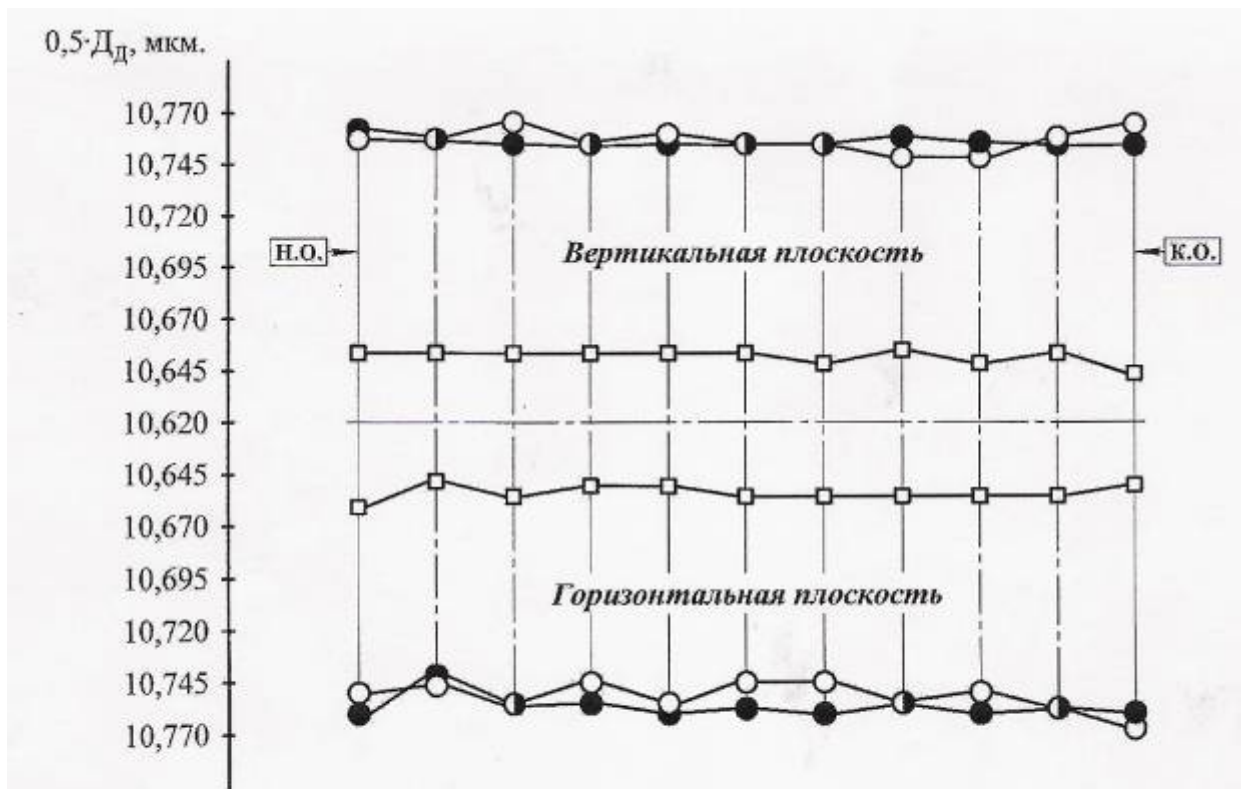


Рисунок 10

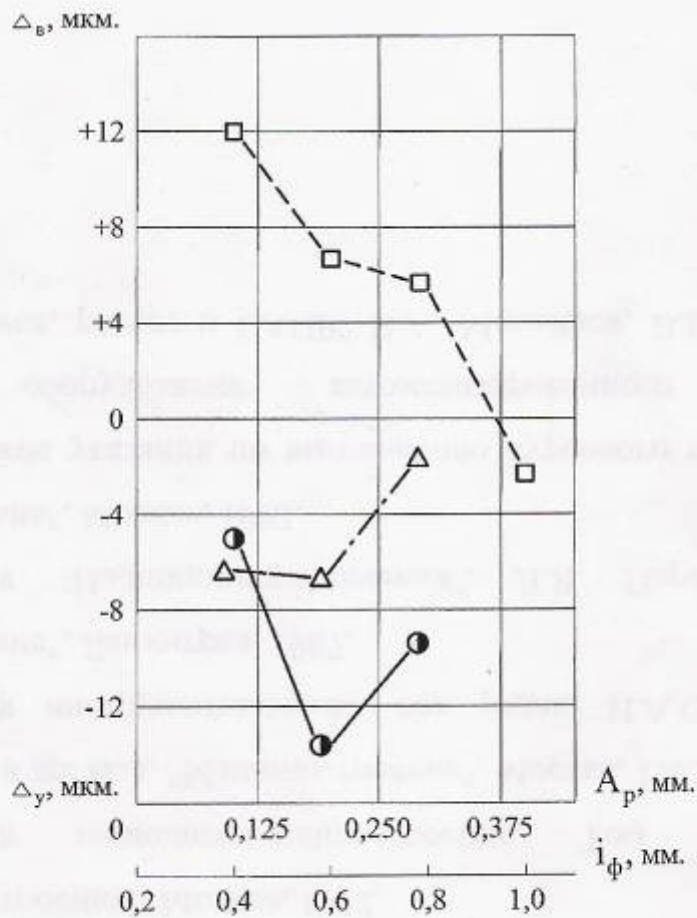


Рисунок 11

При резании без предварительного деформирования по мере увеличения фактической толщины срезаемого слоя деформация поверхности образцов деталей переходит из области упругого восстановления Δ_B в область упругой усадки Δ_U . Это связано с соответствующим ростом усилия обработки (рис.4)

и преобладания деформации растяжения.

Дальнейшее совершенствование процесса стружкообразования при резании по предварительно деформированному слою было смоделировано на части экспериментальных образцов заготовок путем выполнения на них токарным резцом поперечных канавок с углом профиля около 80° и глубиной на 0.05мм меньше чем реализуемая в последствии фактическая толщина срезаемого слоя A_p . Поперечные канавки наносились на каждом образце заготовки с шагом 20,30,40и 50 мм перед волочением через шариковые фильеры.

Это обеспечило дробление стружки еще на более мелкие элементы, что особенно важно при обработке длинномерных заготовок.

Практически, применительно к производственным условиям, поперечные стружкоразделительные канавки можно выполнить роликовыми волоками, которые имеют соответствующий зубчатый рельеф поверхности роликов или валков.

Другое перспективное направление интенсификации комбинированных методов деформирующее-режущего волочения, реализующих «эффект Баушингера»-регуляризация геометрии поверхности деформирующих и режущих элементов волочильного инструмента, а также обработки в условиях самовозбуждаемого противодействия технологической смазки по каналам регулярного микрорельефа поверхности соответствующих фильер.