

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО ПРОФИЛЯ

В.С. Нагорнов

Специфика требований к фасонным профилям высокой точности определяет температурный режим пластической деформации. В этой связи в качестве основной, по крайней мере, на стадии чистовых операций применяют холодную прокатку, волочение и прессование. Каждый из перечисленных способов обработки металлов давлением имеет свою область применения, в том числе с точки зрения точности геометрических размеров продукции.

Постановка задачи

Целью работы было исследование формоизменения металла и точности геометрических размеров при холодной прокатке трапециевидного профиля высокой точности (рис. 1) по схеме, приведенной на рис. 2.

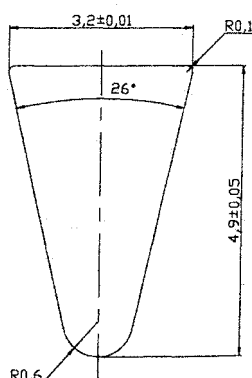


Рис. 1. Трапециевидный профиль

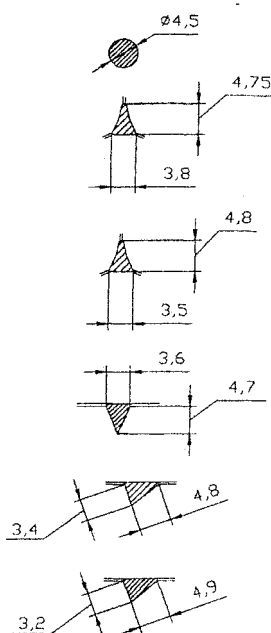


Рис. 2. Схема производства трапециевидного профиля

Материал и методика исследования

Исходная заготовка – проволока из стали 12Х18Н10Т ГОСТ 18143–72 диаметром 4,5 мм, ТС - 1 кл. точности по ГОСТ 2246–70.

Измерения геометрических размеров прутков длиной 3000 мм опытной партии трапециевидного профиля массой 250 кг выполнены через 100 мм на всей длине каждого прутка посредством микрометра МК О-25 ГОСТ 6507–60 и рычажной скобы «Карл Цейс Йена». Микрометр МК О-25 использовался для измерения высоты профиля, т.е. размера $4,9 \pm 0,05$ мм, а рычажная скоба с ценой деления 0,002 мм для измерения основания шириной $3,2 \pm 0,01$ мм.

От каждого десятого прутка, как исходной заготовки, так и готового трапециевидного профиля отобраны образцы длиной 100 мм для последующих контрольных измерений посредством универсального измерительного микроскопа ММИ-2 ГОСТ 8074–56 и оптического измерительного проектора ЧП.

Измерения геометрических размеров готового трапециевидного профиля выполнены после операции правки до непрямолинейности прутка не хуже 3 мм на погонный метр.

Формоизменение металла определялось посредством темплетов на оптическом проекторе ЧП при 50-ти кратном увеличении.

Все измерения выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563–96.

Деформирующий инструмент – прокатные валки изготовлены с погрешностью линейных размеров не более 0,002 мм, угловых не более 3' и шероховатостью поверхности ручьев не хуже R_a 0,32.

Полученные экспериментальные данные геометрических размеров обработаны с помощью известных методов с целью установления статистических характеристик, а именно средних значений \bar{X} , параметров рассеяния σ_{n-1} и σ_n и функций распределения габаритных размеров прутков опытной партии трапециевидного профиля.

Результаты исследования

Формоизменение металла при прокатке трапециевидного профиля приведено на рис. 3. Поперечные сечения полос соответствуют их выходу из прокатных валков, а взаимное положение «фактической» деформации со стороны каждого из валков, образующих калибр заданной конфигурации.

Из анализа приведенного формоизменения следует, что пластическая деформация сопровождается следующими физическими эффектами:

- локальностью и асимметрией по месту, времени и величине;
- отсутствием устойчивости исходного и прокатанного сечения в части взаимного положения геометрических центров тяжести.

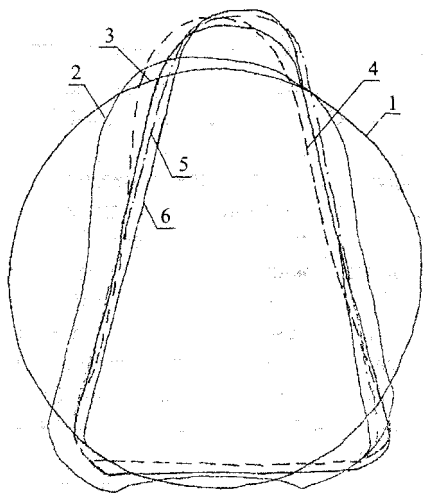


Рис. 3. Формоизменение металла в процессе прокатки: 1 – исходная заготовка; 2 – первый проход; 3 – второй проход; 4 – третий проход; 5 – четвертый проход; 6 – готовый прокат

Во всех случаях, несмотря на принятые меры, пластическая деформация асимметрична с точки зрения места и времени начала деформации по поперечному сечению исходной заготовки. Так плоскость, проходящая через точки касания прокатных валков с исходной заготовкой, всегда ориентирована относительно плоскости, проходящей через оси прокатных валков и горизонтальной плоскости на угол не равный 180° и 90° соответственно. Угол наклона плоскости захвата к вертикальной плоскости достигал 12° , а к горизонтальной - $6,5^\circ$. Смещение точек касания прокатных валков с заготовкой для первых двух калибров достигало 2,86 мм.

Асимметрия деформации или обжатием со стороны каждого из прокатных валков приведена ниже в табл. 1.

Локальность и асимметрия деформации на микроуровне предопределена свойствами реальных геометрических поверхностей, взаимодействующих друг с другом, например, шероховатостью поверхностей и их твердостью.

Причины существенной асимметрии деформации на макроуровне, приведенные выше в табл. 1, пока не ясны, и для их установления необходимо провести дополнительные исследования.

Результаты обработки статистических характеристик габаритных размеров исходной заготовки и готового трапециевидного профиля приведены ниже в табл. 2, а зависимости распределения на рис. 4, 5.

Зависимость распределения размера 3,2 мм по основанию трапециевидного профиля, как видно из рис. 4, имеет сложную форму с различным характером изменения функции. Имеют место два участка с резким изменением зависимостей в интервале отклонений размера от номинала – $0,02 \dots 0,013$ мм и $0,016 \dots 0,02$ мм. В интервале отклонений размера от номинала – $0,013 \dots 0,016$ мм кривая распределения имеет 10 экстремальных значений. В границах поля допуска профиля укладывается более половины прокатанных прутков. Что касается параметров рассеяния σ_{n-1} , σ_n , то на готовом профиле они больше максимальных значений для исходной заготовки.

Зависимость распределения размера 4,9 мм по высоте трапециевидного профиля (рис. 5) также имеет несколько (8) экстремальных значений с максимальным экстремумом при отклонении – $0,01$ мм от номинального размера. В поле допуска размещается около 97 % измерений. В целом, приведенная на рис. 5 зависимость подчиняется закону нормального распределения Гаусса.

Таблица 1

Величина обжатия поперечного сечения со стороны прокатных валков

| Прокатный валок | Величина обжатия, мм по проходам | | | | |
|-----------------|----------------------------------|-------|------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Верхний | – | – | 0,09 | 0,084 | 0,06 |
| Нижний | 0,12 | 0,196 | 0,14 | 0,084 | 0,12 |
| Левый | 0,84 | 0,36 | – | – | – |
| Правый | 0,58 | 0,32 | – | – | – |

Таблица 2

Статистические характеристики габаритных размеров

| Характеристики, мм | Исходная заготовка | | Готовый профиль | |
|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| | По горизонтали | По вертикали | Размер 3,2 мм | Размер 4,9 мм |
| \bar{X} | 4,5063...4,526 | 4,5058...4,5223 | 3,1982 | 4,9091 |
| σ_{n-1} | 0,004316...0,013291 | 0,00207...0,008874 | 0,015005 | 0,040699 |
| σ_n | 0,002...0,012841 | 0,002...0,005297 | 0,014977 | 0,040662 |

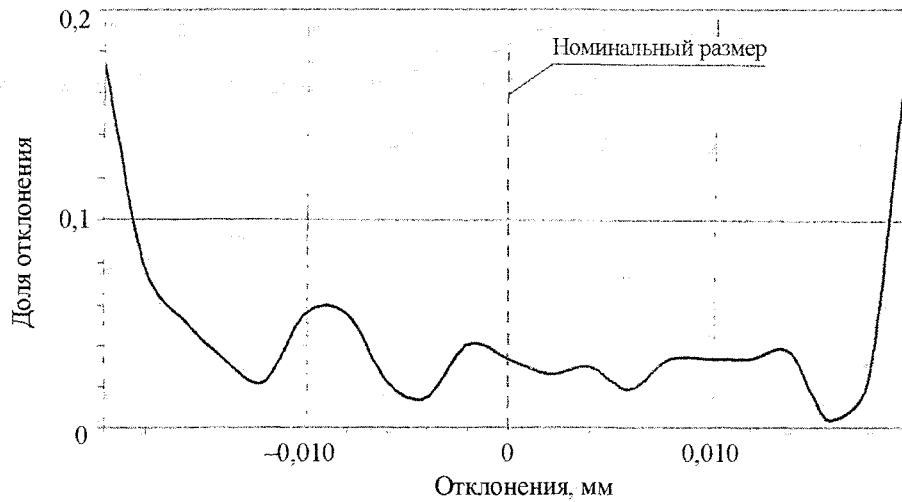


Рис. 4. Зависимость распределения размера 3,2 опытной партии трапециевидного профиля

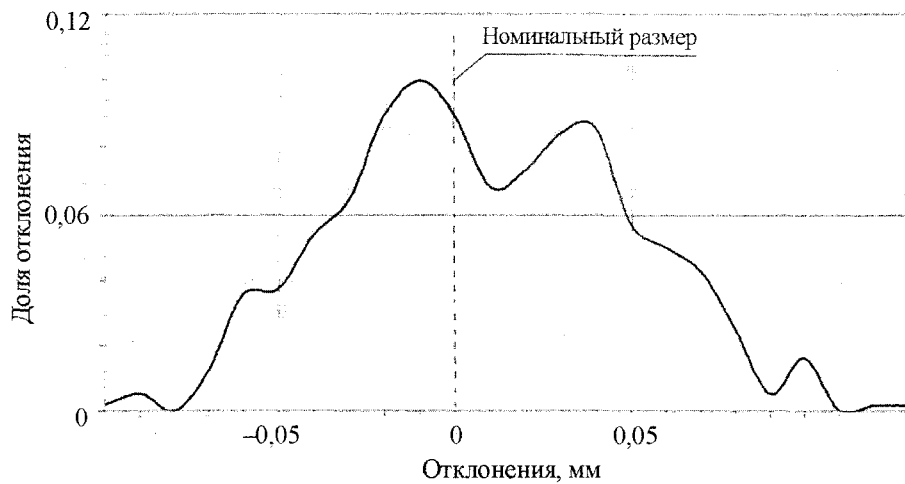


Рис. 5. Зависимость распределения размера 4,9 опытной партии трапециевидного профиля

Рассеяние размера 4,9 мм по сравнению с аналогичным показателем исходной заготовки существенно увеличилось и составило половину поля допуска на размер по высоте. Такое положение объясняется тем, что в двух последних проходах размер по высоте трапециевидного профиля формируется в раземе калибра за счет свободного уширения материала.

Заключение

Разработанная технология холодной прокатки трапециевидного профиля показала возможность производства продукции заданного качества. В то же время технология нуждается в доработке с целью стабилизации отклонений геометрических размеров основания трапециевидного профиля.