

## Вывод

Формообразование режущих лезвий ножей ротационных косилок пластическим деформированием повышает их стойкость в 1,5-2 раза за счет наличия заусенца, который исключает при термообработке интенсивное окисление и обезуглероживание режущих лезвий. Это обеспечивает также возможность выполнения 3-, 4-кратной переточки ножей, что исключено при их фрезеровании. Данные преимущества обеспечивают экономию дорогостоящей стали 60С2.

## Литература

1. **Сельскохозяйственные машины** / И. С. Иванов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1970. – 640 с.
2. **Колесниченко, Б. П.** Отпечатываемость шероховатости валков на полосе при холодной прокатке и дрессировке / Б. П. Колесниченко, В. Л. Мазур, А. П. Качайлов // Листопрокатное производство. – 1972. – № 1. – С. 76 – 80.
3. **Целиков, А. Я.** Теория продольной прокатки / А. Я. Целиков, Г. С. Никитин, С. Е. Рокотян. М.: Металлургия, 1980. – 320 с.
4. **Анурьев, В. И.** Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В. И. Анурьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – Т. 1. – 728 с.

УДК 621.777.35.621

М.В. ЛОГАЧЕВ, канд. техн. наук,  
В.С. КАРПИЦКИЙ, канд. техн. наук (БНТУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБЧАТЫХ ИЗДЕЛИЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА ИЗ ЛЕНТЫ

Проведенный анализ известных способов изготовления тонкостенных труб малого диаметра из различных металлов и сплавов позволил установить, что существующие техпроцессы изготовления

таких изделий характеризуются длительностью технологического цикла с использованием комбинации различных способов волочения как безоправочного, так и оправочного волочения, а также холодной прокатки на начальной стадии деформации трубной заготовки больших диаметров. Все это в конечном счете приводит к значительному повышению себестоимости изготовления данного вида продукции. Поэтому поиск новых технических решений данной проблемы имеет большое значение.

На основании анализа технологических схем получения трубок малого диаметра предложен комбинированный способ формообразования таких трубок из ленты, позволяющий упростить технологию их изготовления. Сущность данного метода заключается в том, что формообразование трубчатых изделий в процессе изготовления производится путем одновременной свертки ленты в трубку в заходной зоне конусной части волочильного инструмента и редуцирования изделия по наружному диаметру в переходной зоне волокна от конусной ее части к калибрующему пояску с последующим формированием качественного стыкового соединения за счет пластического деформирования сдвигом и дополнительным локальным воздействием на изделие в калибрующей части волокна.

Качество стыкового соединения получаемых трубчатых изделий в значительной степени определяется точностью исходных полос (лент) по ширине. Поэтому требование получения точных размеров исходных полос по ширине, определяемой по развертке трубки нужного диаметра с учетом дополнительного припуска на пластическое деформирование изделия в заключительной стадии обработки, предопределило необходимость выполнения расчетных и конструкторских работ при изготовлении многодисковых ножниц для резки полос из рулонного материала. С целью получения точных размеров полос по ширине, отрезанных из ленты, разработана конструкция многодисковых ножниц, позволяющая производить одновременную резку нескольких полос из рулона, а также обрезку лент по ширине на заданный размер. Расстояние между ножами устанавливается по требуемой ширине разрезаемой полосы при помощи мерных распорных колец. Качество и точность резки достигается благодаря двухстороннему резу по всей ширине полосы и надежному прижиму металла резиновыми кольцами в процессе резки.

Расчет требуемой ширины полосы для каждого типоразмера изделия производили методом развертки по нейтральной поверхности деформации, используя коэффициенты смещения нейтрального слоя, значения которых зависят от относительного радиуса изгиба.

Таким образом, расчетная ширина полосы

$$B_n^P = l_P = 2\pi\rho ,$$

где  $\rho$  – радиус нейтрального сечения полосы.

В свою очередь,

$$\rho = r + xS ,$$

где  $x$  – коэффициент смещения нейтрального слоя, зависящий от отношения  $r/S$ ;  $r$  – внутренний радиус трубки;  $S$  – толщина полосы.

Тогда  $B_n = 2\pi(r + xS)$ . Учитывая, что  $r = \frac{D_H}{2} - S$ , где  $D_H$  – наружный диаметр трубки после свертки, окончательно получим

$$B_n^P = 2\pi\left(\frac{D_H}{2} - S + Sx\right) = 2\pi\left[\frac{D_H}{2} - S(1 - x)\right].$$

При завивке шарниров (петель) вследствие воздействия внешних сил трения, препятствующих деформированию, что имеет место при свертке, коэффициент  $x$ , учитывающий смещение нейтрального слоя, определяют по таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициента  $x$  учитывающие смещение нейтрального слоя

|                 |      |      |      |      |     |     |     |
|-----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Отношение $r/S$ | 1    | 1,2  | 1,4  | 1,6  | 1,8 | 2,0 | 2,2 |
| Коэффициент $x$ | 0,56 | 0,54 | 0,52 | 0,51 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

При изгибе (свертке) особенно относительно толстостенных заготовок при  $S \geq 0,05d$  в кольцевую форму происходит меньшее удлинение (утяжка) наружных растягивающих слоев заготовки и меньшее укорочение внутренних сжимающих слоев. В этом случае место стыка получится со скосом кромок, что не обеспечивает плотного соединения. Во избежание этого дефекта необходимо использовать заготовку со скошенными концами, увеличивая длину заготовки с наружной стороны изгиба и уменьшая с внутренней.

Угол скоса зависит от относительного радиуса гибки  $R/S$  и составляет при

$$\frac{R}{S} = 5 - 10 - 15 - 20 - 25,$$

$$\beta = 6 - 5 - 4 - 3 - 2^\circ.$$

Ввиду наличия зазора между ножами, при отрезке равном  $(0,1 - 0,2)S$ , величина угла скоса может быть скорректирована в сторону уменьшения.

Более плотное, герметичное и качественное стыковое соединение можно получить за счет пластической деформации. С этой целью после формирования трубчатой, кольцевой заготовки в зоне свертки производим безоправочное волочение с разовой степенью деформации  $\epsilon_D = 1,2$ . Корректировка расчетной ширины исходной заготовки (полосы) для определенного диаметра капиллярной трубки осуществляется с учетом дополнительного припуска по ширине на пластическую деформацию в обжимной и калибрующей части волокна для образования более качественного стыкового соединения.

По вышеприведенной методике определена расчетная  $B_n^P$  и действительная ширина  $B_n^D$  исходной полосы для получения длиномерных капиллярных трубок малого диаметра  $d_n = 1,0 - 2,0$  мм из ленты толщиной 0,15-0,2 мм. Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Значения расчетной ширины исходной заготовки (полосы)

| $d_{\text{ИЗД}}$ , мм | $S$ , мм | $B_n^P$ , мм | $D_{\text{СВ}}$ , мм | $B_n^D$ | $r/S$ | $x$   |
|-----------------------|----------|--------------|----------------------|---------|-------|-------|
| 2,0                   | 0,15     | 5,8          | 2,4                  | 7       | 5,6   | 0,5   |
| 2,0                   | 0,2      | 5,65         | 2,4                  | 6,9     | 4     | 0,5   |
| 1,5                   | 0,15     | 4,24         | 1,8                  | 5,18    | 5     | 0,5   |
| 1,5                   | 0,2      | 4            | 1,8                  | 5       | 2,75  | 0,5   |
| 1,0                   | 0,15     | 2,67         | 1,2                  | 3,3     | 2,3   | 0,5   |
| 1,0                   | 0,2      | 2,53         | 1,2                  | 3,1     | 1,5   | 0,515 |

В качестве материала исходных заготовок для проведения экспериментальных исследований изготовления трубок малого диаметра из ленты использовали коррозионностойкую сталь марки Х18Н9Т, а также сталь Ст3 и сталь 10. Ширина полос соответствовала длине развертки трубы по среднему диаметру, увеличенной на величину припуска под последующую пластическую деформацию свернутой трубы в калибрующей части волоочильного инструмента с целью получения качественного стыкового соединения трубчатого изделия. Толщина полос составляла 0,2 мм. Перед волочением на полосе выполняли плотную (прочную) захватку, пригодную для полного цикла изготовления трубы.

В качестве инструмента для изготовления изделий использовали стандартные твердосплавные волокни с конусными заходной и выходной частями и калибрующим пояском. С учетом рекомендаций по выбору более рациональных условий процесса волочения [1-4] для осуществления данного способа применяли волоочильный инструмент с углом волокни  $\alpha = 10 - 25^\circ$  и шириной калибрующего пояса от 0,5 до 1,5 мм. Длина калибрующей зоны должна характеризоваться достаточной стойкостью на износ, малым числом обрывов протягиваемого металла и невысоким расходом энергии. Так, в работе [1] для волочения особо тонкостенных труб малого диаметра с точки зрения их поперечной устойчивости рекомендуется использовать волокни с углами  $25-30^\circ$ . Длину калибрующей зоны рекомендуется выбирать [1, 3] в пределах 40-100% от диаметра калибрующей

щего пояска, причем меньшее значение при волочении изделий из цветных металлов и сплавов.

В качестве исходного материала для изготовления трубок с наружным диаметром до 2,0 мм использовали стали 10, 20 и сталь легированную коррозионностойкую марки Х18Н9Т толщиной 0,15-0,2 мм. Процесс свертки полосы в трубчатое изделие и волочение осуществляли с использованием стандартных твердосплавных волок с углом конусности 12° и длиной калибрующей части 1,5 мм. С целью уменьшения усилия и напряжения волочение трубок проводили со смазкой, в качестве смазочного материала использовали порошкообразные смазки (порошок сухого мыла, хлорированный парафин).

Изготовление трубок осуществляли на лабораторном цепном волочильном стане со скоростью 20 м/мин. С целью точного замера тянущего усилия процесс волочения проводили на испытательной машине Р – 5. Результаты экспериментальных исследований показали, что формообразование трубок малого диаметра происходит при небольших силовых параметрах. Например, для изготовления трубок из стали Х18Н9Т диаметром 1,2 мм, толщиной 0,2 мм из полосы шириной 3,9 мм процесс свертки осуществляли за три прохода со средней разовой степенью деформации 15%, тянущее усилие при этом составляло 150 Н, на окончательном проходе волочения – 200-220 Н. Качество готовых трубчатых изделий проверяли на герметичность (продувкой воздуха под давлением) и на пропускную способность путем пропуска через трубку воды. Исследования показали возможность изготовления по предложенному способу качественных трубчатых изделий малого диаметра из ленты.

### Литература

1. Холодное волочение труб / В. С. Паршин [и др.]. – М.: Металлургия, 1979. – 240 с.
2. Савин, Г. А. Волочение труб / Г. А. Савин. – М.: Металлургия, 1982. – 160 с.
3. Ерманок, М. З. Волочение цветных металлов и сплавов / М. З. Ерманок, П. С. Ватрушин. – М.: Металлургия, 1988. – 288 с.

4. Орро, П. И. Производство стальных тонкостенных бесшовных труб / П. И. Орро, Я. Е. Осада. – М.: Metallurgizdat, 1951. – 296 с.

5. Логачев, М. В. Технология получения трубок малого диаметра из ленты. / М. В. Логачев, Л. А. Исаевич, В. С. Карпицкий; под общей ред. Б. М. Хрусталева, В. Л. Соломахо // Наука – образованию, производству, экономике: сб. научн. тр. межд. научн. техн. конф. – М.: Технопринт, 2003. – Т. 1. – С.60 – 62.

УДК 621.73.073

В.С. КАРПИЦКИЙ, канд. техн. наук,  
Ю.В. КАРПИЦКИЙ, канд. техн. наук (БНТУ)

## **БЕЗОБЛОЙНАЯ ШТАМПОВКА ПОКОВОК СЛОЖНОЙ ФОРМЫ В ШТАМПАХ СПЕЦИАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

Разработка и внедрение в производство процессов безоблойной штамповки поковок в штампах специальной конструкции позволяет значительно уменьшить припуски и напуски, максимально приблизить форму и размеры поковок к форме и размерам готовых изделий, избежать отходов металла на облой и сократить расход металлопроката в зависимости от сложности конфигурации деталей от 5 до 35 % и более. При этом используется кузнечно-штамповочное оборудование меньшей мощности и тем самым снижается себестоимость изготовления поковок на 10–15 %.

В распространенном в настоящее время процессе штамповки в открытых штампах в заготовке предусматривается некоторый избыток металла, который, образуя облой, обеспечивает хорошее заполнение полости штампа. В зависимости от конструктивных особенностей деталей и технологического процесса штамповки отходы в облой составляют от 5 до 50 % и более от массы заготовки. Так, например, отходы металла в облой при штамповке крестовины дифференциала автомобиля МАЗ составляют около 35 % от массы заготовки или примерно около 1 кг металла на деталь.