

**УДК 621.771.24**

## **ФОРМООБРАЗОВАНИЕ В РОЛИКАХ ПРОФИЛЕГИБОЧНОГО СТАНА ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЖЕСТКОСТИ**

Лилия Анатольевна Варфоламеева

*Студентка 6-го курса, специалитет  
кафедра «Оборудование и технологии прокатки»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: А.Е.Лепестов,*

*кандидат технических наук, ассистент кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

Гнутый профиль с различными элементами жёсткости в большинстве случаев может быть соотнесён с одной из разновидностей профиля общего типа (углоковый, коробчатый, зетовый). Дефекты профилей с элементами жёсткости чаще всего возникают из-за ошибочной схемы формообразования и режимов формовки [1], а также вследствие износа оснастки и/или оборудования и нарушения технологии. Чаще всего с дефектами гнутого профиля приходится сталкиваться при отработке технологии производства нового профиля.

Выявленные проблемы в разработке технологий производства профилей с элементами жёсткости могут быть решены комбинированным использованием аналитических методов, конечно-элементного анализа и экспериментальных исследований процессов формообразования указанных профилей. Последовательность решения этих проблем в значительной мере определяется логикой разработки технологии, зависящей в известной степени от наличия в конструкции профиля элементов жёсткости.

Предваряя выполненные исследования, установленную последовательность разработки технологии можно представить таким образом [2, 3]: 1) Анализ преемственности и технологичности; 2) Выбор способа формообразования и принципа формовки; 3) Предварительный выбор оборудования; 4) Расположение профиля в валках; 5) Расчёт числа переходов; 6) Расчёт изменения толщины; 7) Установление последовательности формовки элементов жёсткости; 8) Определение углов подгибки; 9) Расчёт длины зон плавного перехода; 10) Разработка схемы формообразования; 11) Выбор оборудования (или разработка и изготовление нового оборудования).

Программы расчёта числа переходов включают блоки исходных данных: а) заготовок; б) габаритов сечения профиля; в) требований точности; г) профилировочного станка; д) технологических параметров (обычно параметров, относящиеся к специфическим требованиям заказчика технологии или к ноу-хау).

Расчёт числа переходов даёт основание для разработки схемы формообразования профиля, где возникает задача распределения (оптимизации) углов подгибки несущих полок по переходам, связанная с предотвращением дефектов, рассмотренных в работе. Неверные углы подгибки приводят к кромковой волнистости гладких подгибаемых полок, а полки подвержены к излому, потери устойчивости в виде изгиба. Снизить риск возникновения вышеуказанных дефектов можно равномерным распределением продольных пластических деформаций подгибаемых полок по переходам.

Расчёт изменения толщины заготовки в зонах изгиба [4] требует рассмотрения радиальных и окружных скоростей деформации, зависящих от скоростей перемещений  $u$  и  $v$ . Зависимость этих скоростей от параметров угловой зоны определено в работах [5, 6], где изменение времени ассоциировано с изменением угла подгибки.

Зона плавного перехода в профилировании имеет существенное значение для обеспечения устойчивости процесса и прогнозирования отсутствия переформовки

профиля. Представляет собой участок заготовки, простирающийся от зоны стабилизации до вертикальной плоскости, проходящей через оси рабочих валов клетки текущего перехода. Для построения модели ЗПП приняты обоснованные [7] допущения (дополнительные к ранее принятым): 1) срединная поверхность полки представляет собой линейчатую поверхность; 2) размеры угловой зоны малы по сравнению с шириной полки; 3) радиусы зон изгиба постоянны на всех переходах; 4) деформация в угловой зоне считается плоской ( $e_u = 0$ ); 5) работа упругого выпучивания дна мала в сравнении с работой пластического сжатия; 6) длина ЗПП полки и длина зоны выпучивания равны; 7) границы пластической области полок являются линейными функциями от угла подгибки. Применяется вариационный метод [8], а функционал включает работу пластической деформации полки, угловой зоны и дна профиля.

На основании приведенного материала в работе можно установить, что созданная модель числа переходов при интенсивном формообразовании, учитывающая габариты профиля сечения и допуски изготовления, даёт ошибку в один переход по сравнению с известной модели традиционного профилирования – в 1–3 перехода, алгоритм оптимизации углов подгибки профиля с ЭЖ даёт возможность определения углов подгибки полок, которые обеспечивают равномерное распределение деформаций, модель зоны плавного перехода, полученная с использованием вариационного метода и отличающаяся от известных моделей учётом в ней упрочнения, радиуса изгиба и ширины дна профиля с ЭЖ, позволяет решать вопросы о предельных углах подгибки и преимуществах технологии производства профилей с сокращением затрат на освоение технологии.

## Литература

1. *Филимонов С.В.* О причинах дефектов заготовок при отработке технологии производства полузакрытых профилей / А.В. Филимонов, С.В. Филимонов, И.И. Минибаев / Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем: сборник научных трудов. Шестой выпуск. – Ульяновск: УлГТУ. 2008. – 220 с. – С. 200 – 202.
2. *Лейченко М.А.* Производство и применение гнутых профилей. // Рационализация профилей проката. Под ред. А.И. Целикова. – М.: Профиздат, 1956. – С. 189 – 203.
3. *Ламан Н.К.* Развитие техники обработки металлов давлением с древнейших времён до наших дней. М.: Наука. 1989. 236 с.
4. *Филимонов С.В.* Исследование утонения и упрочнения в элементах двойной толщины гнутых профилей / В.В. Лапин, В.И. Лапшин, С.В. Филимонов, В.И. Филимонов // Труды международной НПК «Научно-технический прогресс в металлургии», ноябрь 2011. – Караганда: Изд-во КГИУ, 2011. – С. 325 – 329.
5. *Соколовский В.В.* Теория пластичности. М.: Высшая школа. 1969. 608 с.
6. *Хилл Р.* Математическая теория пластичности. М.: ГИТТЛ, 1956. 407 с.
7. *Филимонов С.В.* Модель зон плавного перехода при интенсивном формообразовании профиля из упрочняющегося материала / С.В. Филимонов, А.В. Филимонов, В.И. Филимонов // Производство проката, 2008, № 10 – С. 26 – 32.