

## ПОДГОТОВКА ТРУБ К ВОЛОЧЕНИЮ НА РАДИАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ

Пугин А.И., аспирант  
Паршин В.С., профессор, д.т.н.  
Карамышев А.П., доцент, к.т.н.  
Некрасов И.И., доцент, к.т.н.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». 620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19.

Новожилов И.Н., начальник лаборатории инструмента и оснастки ЦЗЛ  
ОАО «СинТЗ». 623400, г.Каменск-Уральский, Заводской проезд, 1.

Подготовка труб к волочению заключается в выполнении так называемой «захватки» на конце трубы, которая необходима для осуществления захвата заготовки клещами волочильной тележки. На сегодняшний день для этих целей на предприятиях трубной промышленности используются различного рода радиально-обжимные машины. Метод радиального обжатия обеспечивает высокую точность заготовок, высокую производительность процесса и малые потери металла.

В условиях ОАО «Синарский трубный завод» метод радиального обжатия осуществляется на радиально-ковочной машине AVS. На данном оборудовании можно проводить деформацию заготовок из различных, в том числе труднодеформируемых материалов, в холодном и горячем состоянии. Ковочная машина имеет четыре, расположенные через 90° перпендикулярно продольной оси, рабочих инструмента – бойка, одновременное движение которых осуществляется посредством эксцентриков. Главный полый четырехэксцентриковый вал приводится во вращение от двигателя через клиновые ремни и маховик, расположенный в подшипниках качения. Синусоидальное подъемное движение эксцентриков передается на четыре рычага, которые в качестве центров вращения имеют закрепленные в лобовине оси. На переднем, выступающем из лобовины конце рычага, закрепляется инструмент. Требуемая длина обрабатываемого конца устанавливается через перемещаемый упор с помощью конечного выключателя. Машина оборудуется, смонтированным с передней стороны, специальным устройством для подачи заготовки в виде подающих гиперболоидальных или призматических роликов, которые обеспечивают подачу заготовки с вращением или без него.

Еще одним способом подготовки труб к волочению является формирование «захваток» на гидропроталкивателях. Однако применение гидропроталкивателей на производстве ограничено рядом существенных факторов. В частности данный вид оборудования не применяется при подготовке тонкостенных труб и труб из цветных металлов. Также увеличение разовых деформаций при проталкивании сдерживается устойчивостью переднего конца трубы.

Процесс ковки на радиально-обжимных машинах является нестационарным процессом обработки металлов давлением, который характеризуется переменными во времени значениями напряжений и деформаций в объеме обрабатываемых

заготовок. Причина появления переменных параметров очага деформации – сложное движение рабочих бойков машины. На кафедре «Металлургические и роторные машины» «Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» под руководством доктора технических наук Паршина В.С. проводится теоретическое исследование нестационарных процессов обработки металлов давлением. Целью исследования является изучение обработки различных трубных и прутковых заготовок на радиально-ковочных машинах и в том числе изучение формоизменения полых заготовок на машине типа AVS.

Важным этапом теоретического исследования является описание модели очага деформации. Известные описания математической модели очага деформации радиальнойковки Тюрина В.А. [1] не позволяют достоверно объяснить возможность получения больших обжатий заготовок на AVS, а также высокий уровень физико-механических свойств обработанных на машине изделий. Нет возможности в целом оценить особенности процесса. Представленная в работе Карпова С.М., Осадченко В.Я. и Ламина А.Б. по определению силовых параметров заковки концов труб перед волочением [2] теоретическая модель имеет принципиальные недостатки и не дает достоверных сведений о процессе деформации.

Наиболее полно и всесторонне позволяет представить данный процесс математическая модель, выполненная в работе Карамышева А.П., Некрасова И.И., Паршина В.С. и Сыстеров В.А. по определению усилия обжатия заготовок на радиально-ковочной машине AVS [3]. Данная работа основана на использовании метода решения приближенных уравнений равновесия и пластичности. Представленные материалы обосновываются проведенными экспериментальными исследованиями, а модель, предложенная авторами, дает возможность определять усилия ковки с учетом нестационарных по времени параметров процесса. Но стоит отметить, что и это описание математической модели имеет существенные недостатки. В частности очевидна невозможность моделирования формоизменения заготовок при ковке, а также затруднено определение полной картины напряженного состояния в очаге деформации. Из чего можно сделать вывод о том, что данная модель не позволяет оценить особенности процесса ковки на машине AVS.

Стремительное развитие компьютерных технологий за последнее десятилетие, создание и совершенствование численных методов расчета дали возможность рассмотреть все более близкие к действительности форму и условия работы нестационарных процессов, а также позволили учесть реальные особенности деформирования материала. Все большее применение в современных исследованиях находит один из методов численного расчета конструкций – метод конечных элементов. В настоящее время, особенно благодаря появлению мощной вычислительной техники и соответствующего программного обеспечения, метод достиг достаточно высокой степени развития и популярности, позволяющей заявлять о том, что вряд ли существует другой подход, способный конкурировать с ним по широте возможностей и простоте реализации. Программный пакет DEFORM, позволяющий решать задачи ОМД с помощью метода конечных элементов, является универсальным, совместимым с другим программным обеспечением, имеющим широкие возможности моделирования, простой и удобный интерфейс [4]. В программном пакете реализована возможность моделирования с помощью готовых шаблонов как унифицированных, достаточно часто встречающихся в практике задач: объемная штамповка, механическая обработка резанием, прокатка, анализ напряженно-деформированного состояния рабочего инструмента, так и возможность решения самостоятельно определенной пользователем задачи.

Реализованные в программе постпроцессорные средства дают возможность обратиться к результатам решения и правильно интерпретировать их. Результаты решения могут включать значения компонентов деформаций, температуры тел, компонентов напряжений, составляющих перемещений и скоростей и т.д. Главной частью работы программы на стадии обработки результатов является наблюдение формоизменения деформируемого тела в соответствии с заданным шагом расчета. Графическое представление результатов решения возможно в виде эпюр на заготовке, а также в виде графиков зависимостей результатов решения от времени расчета. Полезна реализация отображения данных в виде гистограммы.

Проведенное теоретическое исследование процесса обработки трубной заготовки в программном комплексе DEFORM позволило определить параметры геометрии полученного обжатого участка трубы. При обработке труб на радиально-ковочной машине типа AVS возможно получение захваток двух типов: круглого и складчатого. Получение того или иного типа зависит от отношения диаметра к толщине стенки исходной заготовки. Чем больше это отношение, тем выше вероятность того, что образуется складчатый профиль. При малом отношении диаметра исходной заготовки к толщине стенки, вероятность появления складки снижается и в конечном счете форма сечения обжатой части трубы останется прежней – в форме круга. Однако изменению подвергается в данном случае такой параметр как толщина стенки. Исходя из

экспериментальных исследований, увеличение толщины стенки будет зависеть от отношения диаметра к исходной толщине стенки трубы, от абсолютного значения диаметра заготовки, а также прочностных характеристик материала. В целом увеличение толщины стенки может достигать от 10 до 35%, в некоторых случаях при заковке малых исходных диаметров отверстие может заковываться полностью. При проведении теоретических исследований в программном комплексе DEFORM были получены данные совпадающие с данными экспериментальных исследований.

Для проверки адекватности применения математической модели процессаковки на радиально-ковочной машине AVS также использовались данные замера величин твердости, выполненные в работе [4], которые затем сравнивались с данными, полученными в программе DEFORM. Полученные результаты отличались на величину не более 8-10%.

Проведенные теоретические исследования нестационарных процессов ОМД в программном комплексе DEFORM подтверждают эффективность его использования при определении параметров процессаковки. На основании применимости данной математической модели для дальнейшего изучения процессаковки были проведены ряд исследований по совершенствованию технологии подготовки труб к волочению.

В частности одним из перспективных направлений исследований является выбор рациональной формы ковочного инструмента – бойков. На существующем на предприятии оборудовании есть возможность использовать два типа инструмента – боек с гладкой редуцирующей частью и боек, содержащей формообразующее ребро на редуцирующей части. Бойки с формообразующим ребром используются при обработке трубных заготовок для целенаправленного получения складчатого симметричного профиля. Основное достоинство применения бойков с ребром заключается в том, что на коническом переходном участке между образовавшейся складкой и исходной частью трубы пазы складок образуют симметричный профиль без острых углов, что делает возможным предотвратить на начальном этапе волочения обрыв переднего конца трубы. Другим очевидным преимуществом симметричного складчатого профиля является то, что при проведении операции травления и нанесения смазки на поверхность трубы перед волочением, технологические жидкости могут свободно вытекать через остающиеся свободные отверстия даже при значительной величине обжатия исходной заготовки. Существенным фактом в пользу использования такого типа бойков является и то, что снижается технологическое усилиековки, что делает возможным исключить нагрев исходной заготовки перед ковкой.

Что касается гладких бойков, то здесь вариационным параметром является угол наклона рабочей поверхности бойка, который выбирается исходя из марки обрабатываемого материала и наличия технологической смазки на трубе. При ис-

пользовании бойка с формообразующим ребром существует достаточно много изменяющихся параметров для определения рациональной конструкции бойка. Основные из них описывают геометрию и форму ребра. Провести экспериментальные исследования для каждого типоразмера бойка с разным по форме и размеру ребром не представляется возможным. При использовании программного пакета DEFORM с целью моделированияковки трубной заготовки каждым комплектом опытных бойков становится возможным получить достоверные данные и сформировать рекомендации по выбору рациональной формы бойка.

Кроме формы рабочего инструмента с помощью программного комплекса DEFORM становится возможным определить рекомендации по технологииковки на радиально-ковочной машине, в частности по скорости продольной подачи заготовки в бойки, скорости вращения заготовки подающими роликами и так далее.

Получение обжатой части трубы в виде так называемой «захватки» является важной подготовительной операцией заготовки к волочению. Одним из самых распространенных методов подготовки заготовки являетсяковка на радиально-ковочной машине. С учетом того, что данный процесс обработки металлов давлением является нестационарным, использование классических подходов и методов проведения анализа процесса стано-

помимо угла наклона рабочей поверхности бойка вится малоэффективными и дает результаты с большой долей погрешности из-за принятия значительных допущений при описании граничных условий и исходных данных процесса. Применение современного инструментария в виде программного комплекса DEFORM делает теоретические исследования более эффективными и позволяет быстрее внедрять современные технологии в производство.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тюрин В.А., Лазоркин В.А., Поспелов И.А. и др. Ковка на радиально-обжимных машинах. – М. : Машиностроение, 1990. – 256 с.
2. Карпов С.М., Осадчий В.Я., Ламин А.Б. Определение силовых параметров заковки концов труб перед волочением // Сталь. – 2000. – № 11. – С. 70 – 71.
3. Карамышев А.П., Некрасов И.И., Паршин В.С., Сыстеров В.А. Определение усилия обжатия заготовок на радиально-ковочной машине AVS // Металлург. – 2009. - № 3. – С. 61-63.
4. Карамышев А.П., Некрасов И.И., Паршин В.С., Пугин А.И., Федулов А.А. Исследование нестационарных процессов обработки металлов давлением // Металлург. – 2009. - № 10. – С. 52 – 54.