

2. Сметнёва, Н.Ю., Харитонов, В.А. Состояние и перспективы развития производства пружинной проволоки / Н.Ю. Сметнёва, В.А. Харитонов // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: междунар. сб. науч. тр. / под ред. А.Б. Моллера. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2018. – Вып. 24. – С. 65-74.

3. Харитонов В.А. Усанов М.Ю. Совершенствование методики расчета маршрутов волочения для высокоуглеродистых сталей // Бюллетень научно-технической и экономической информации Черная металлургия». 2017. – № 8. – С. 92-95.

УДК 669.36, 669-135

### **ТЕЧЕНИЕ МЕТАЛЛА В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ ЭКСТРУЗИИ МЕДНЫХ ШИН СПОСОБОМ CONFORM**

*Ковин Д.С., Фоминых Р.В., Шимов Г.В.*

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия  
regina.fominyh@yandex.ru*

Установки непрерывной экструзии CONFORM с расширяющейся форкамерной матрицей (форкамерой) в настоящее время широко применяются для непрерывного прессования медных шин из непрерывнолитой заготовки UPCUST [1]. Несмотря на высокую производительность и технологичность линии непрерывной экструзии «Conform» готовые шины имеют дефекты по типу «внутренние расслоения», после термообработки на поверхности отпрессованной шины появляются дефекты типа «пузыри». Из производственного опыта установлено, что преимущественно локализация дефектов типа «расслоение» происходит под поверхностью шины. Предположительно «расслоения» являются следствием попадания в очаг деформации окисленной поверхности заготовки. Особенностью большинства сплавов цветных металлов является то, что в них почти не происходит заваривание несплошностей в ходе пластического деформирования, поэтому любая несплошность в литой заготовке, которая не заполнена недеформируемой средой, меняет свою форму в очаге деформации, вытягивается и утончается [2].

Из-за сложного характера течения металла при прессовании с форкамерой теоретически сложно определить, как видоизменяется форма дефекта заготовки в очаге деформации. С целью анализа течения металла в очаге деформации было проведено МКЭ-моделирование прессования медной шины размером 8x62 мм из заготовки диаметром 20 мм в программном комплексе DEFORM-3D. Чертежи и размеры инструмента со-

ответствовали реальным машины CONFORM фирмы Dalian Konform Technical Co. Ltd с диаметром экструзионного колеса 400 мм.

На рис. 1 показаны траектории течения металла в очаге деформации, обведены «мертвые» зоны. На рис. 1, а. красной стрелкой показана траектория движения частицы металла вдоль «мертвой» зоны по линии «среза». Анализ поля скоростей показал, что в мертвую зону попадает лишь незначительное количество металла – те частицы, которые движутся в контакте с верхней гранью форкамеры. Остальные же частицы, которые движутся вдоль верхней грани форкамеры, но не касаются поверхности инструмента, перемещаются вдоль линии среза. На рис. 1, б показаны траектории движения частиц металла, находящихся в контакте с башмаком (четверная красная стрелка). Стрелка утрированно показывает, как частицы металла с контакта, с башмаком при повороте на 90 градусов не в полном объеме переходят в контакт с верхней поверхностью форкамеры. Это связано с полем скоростей течения металла, поскольку в области, обозначенной овалом, скорость частиц близка к нулю и металл вынужден «огибать» эту область. Вследствие этого, большая часть металла с контакта «металл – башмак» затягивается в форкамеру и в дальнейшем переходит в пресс-изделие.

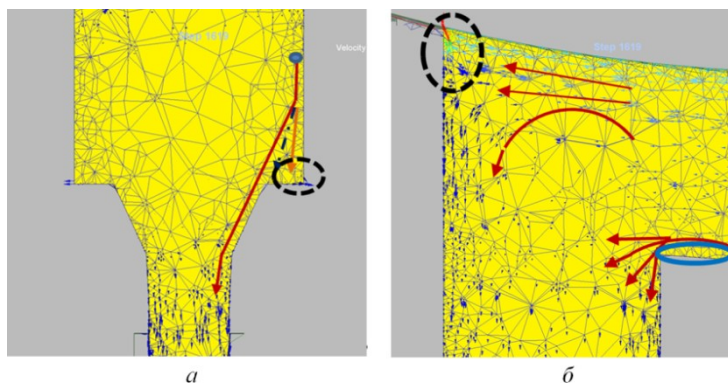


Рис. 1. Траектории течения металла в очаге деформации:  
а – траектория движения частиц металла вдоль мертвой зоны по линии среза к матрице; б – траектория движения частиц металла при переходе в форкамеру

В ходе моделирования установлено, что в желобе колеса имеются «мертвые» зоны, в которых могут скапливаться окислы, включения, грязь, и в дальнейшем загрязнять пресс-изделие. Анализируя траектории движения металла в форкамере, можно констатировать, что с высокой долей вероятности в случае перехода загрязнений из мертвой зоны в форкамеру, они проявятся именно под поверхностью готовой шины.

Результаты моделирования подтвердились в ходе выполнения промышленного эксперимента по изучению характера течения металла в очаге деформации и поиска причин появления вышеуказанных дефектов. Использовались латунные штифты, которые располагались в желобе колеса (на контакте металл-колесо), а также сверху заготовки (на контакте металл-башмак). После прессования заготовок с латунными штифтами анализировалась локализация латуни в готовой шине. Промышленный эксперимент показал, что в реальных условиях непрерывного прессования металл с контакта «заготовка-желоб колеса» может отрываться и затягиваться в форкамеру. Кроме того эксперимент показал, что металл с контакта металл-башмак переходит под верхнюю поверхность шины и дефекты заготовки могут локализоваться именно в этой области [3].

### Литература

1. Gorohov Y. V. DEFORM-3D modeling in continuous extrusion of copper busbars for installation conform with the pre-chamber matrix / Y. V. Gorohov [et al.] // J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol. 2016, V. 9(6), P. 821-829.
2. Ожгихин И. В. Совершенствование технологического процесса непрерывного литья заготовок из кислородсодержащей меди с целью повышения качества катанки. Дис... канд. техн. наук. / И. В. Ожгихин. Екатеринбург: Урал. федер. ун-т, 2015, 143 с.
3. Шимов Г.В., Фоминых Р.В., Ефремова А.С., Ковин Д.С. Исследование траекторий течения непрерывнолитой меди при прессовании способом Conform. Цветные металлы. 2018. № 4. С. 79-85.

УДК 621

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛИ AISI1015 ПРИ РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОЙ ПРОКАТКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SIMUFACT.FORMING И БАЗЫ ДАННЫХ МАТЕРИАЛОВ MATILDA

*Арбуз А.С., Найзабеков А.Б., Лежнев С.Н., Панин Е.А.  
РГП на ПХВ «Рудненский индустриальный институт»,  
г. Рудный, Казахстан  
zubra\_kz@mail.ru*

Радиально-сдвиговая прокатка, как один из видов поперечно-винтовой прокатки был разработан в НИТУ «МИСиС» [1-2]. Отличие от поперечно-винтовой прокатки, применяющейся, например, при прошивке труб, состоит в том, что идет прокатка сплошного прутка по трехвалковой схеме с большими значениями углов подачи, способствующими интенсифи-