

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ ПРОТЕКАНИЯ СОВМЕЩЕННОГО ПРОЦЕССА «ПРОКАТКА-ПРЕССОВАНИЕ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАВНОКАНАЛЬНОЙ СТУПЕНЧАТОЙ МАТРИЦЫ И КАЛИБРОВАННЫХ ВАЛКОВ

Найзабеков А.Б., д.т.н, проф; Лежнев С.Н., к.т.н., доцент; Панин Е.А.

(РГП «Карагандинский государственный индустриальный университет», г. Темиртау, Республика Казахстан)

Карагандинский государственный индустриальный университет является одним из ведущих ВУЗов Казахстана по подготовке специалистов в области металлургии, обработки металлов давлением, строительства, а также ряда других технических и экономических специальностей. При подготовке специалистов большое внимание в повышении качества образования уделяется новым технологиям. Так, с целью повышения качества подготовки специалистов в области обработки металлов давлением осенью 2006 года был приобретен программный комплекс [DEFORM 2D/3D](#) компании Scientific Forming Technologies Corporation (SFFC). Данный программный продукт был приобретен в [компании ТЕСИС](#) (Технологические Системы), которая является официальным представителем SFFC в России и странах СНГ. С помощью данной программы активно ведется разработка и исследование новых, инновационных технологических процессов, основной принцип которых – это получение высококачественного металла с незначительными изменениями исходных размеров заготовки при минимальных энергозатратах. Один из таких последних разработанных процессов – это совмещенный процесс прокатки и прессования с использованием равноканальной ступенчатой матрицы.

Совмещенный процесс «прокатка-прессование» с использованием равноканальной ступенчатой матрицы является одним из наиболее перспективных способов обработки металлов давлением, который позволяет получать металл с субультрамелкозернистой структурой. По своим характеристикам он превосходит многие известные способы деформирования заготовок. Например, по сравнению с обычным прессованием в равноканальной ступенчатой матрице, совмещенный способ «прокатка-прессование» обеспечивает непрерывность процесса и возможность деформирования длинномерных заготовок. В результате чего увеличивается производительность труда и значительно расширяется сортамент выпускаемой продукции. Однако данный способ имеет один существенный недостаток – для успешной реализации совмещенного процесса «прокатка-прессование» с использованием равноканальной ступенчатой матрицы необходимо тщательно подбирать все геометрические и технологические параметры процесса (радиусы валков, угол стыка каналов в матрице, коэффициенты трения в матрице и валках и т.п.). В противном случае, неправильный выбор хотя бы одного из параметров может привести к невозможности процесса.

В работах [1, 2] было проведено моделирование совмещенного процесса «прокатка-прессование» с использованием равноканальной ступенчатой матрицы. Были построены модели для гладких и калиброванных валков. В обоих случаях изначально модель оказывалась неудачной по следующей причине: в программе по расчету усилий процесса [3] в качестве значения фактического сопротивления деформации σ_s принималось постоянное значение. Для того чтобы в условиях эксперимента оно было постоянным, необходимо, чтобы процесс был изотермическим, что невозможно. В реальных же условиях нагретый металл остывает, и значение σ_s постоянно увеличивается. Поскольку фактическое сопротивление деформации σ_s является одним из основных факторов, оказывающим влияние на саму возможность на возможность осуществления совмещенного процесса прокатка-прессование с использованием равноканальной ступенчатой матрицы, было принято решение провести исследование температурных условий протекания данного процесса, так как этот параметр имеет прямую зависимость именно от температуры.

Для удобства исследования температурных условий протекания совмещенного процесса «прокатка-прессование» с использованием равноканальной ступенчатой матрицы и калиброванных валков в программном комплексе DEFORM-3D была построена новая модель процесса прокатки-прессования массивной заготовки 40 x 60 мм. Необходимые геометрические и технологические параметры были взяты из работы [2]:

Таблица 1

Сечение заготовки $h \times b$, мм	Параметр								
	R, мм	μ_1	l_1 , мм	l_2 , мм	Δh , мм	μ_2	φ , град	σ_s , Мпа	R_2 , мм
40 x 60	250	0,1	40	30	15	0,5	140	40	280

Исходная заготовка имела первоначальные размеры $h_0 \times b_0 \times l_0 = 55 \times 35 \times 200$ мм. На данную модель была нанесена сетка конечных элементов, равномерно распределенных по всему объему заготовки. Средний размер конечного элемента составил 2,3 мм, количество узлов – 10699, количество элементов – 46024.

В качестве материала заготовки была выбрана сталь 35, нагретая до температуры 1100 °С. Реологические свойства материала были взяты из базы данных DEFORM-3D. Был выбран неизотермический тип расчета, т.е. помимо отдачи тепла инструменту, заготовка еще отдавала тепло в окружающую среду, температура которой была принята 20 °С.

При теоретических расчетах было установлено, что от значений коэффициентов трения в валках и матрице будут зависеть силы трения, возникающие на контакте металла с вращающимися валками и при движении заготовки в матрице. Так как для осуществления процесса необходимо соблюдения условия $P_{ПРОК} > P_{ПРЕСС}$, то при моделировании были взяты следующие значения коэффициентов трения:

- в валках – 0,5 – для обеспечения максимального значения $P_{ПРОК}$;
- в матрице – 0,1 – для обеспечения минимального значения $P_{ПРЕСС}$

После окончания расчета на заготовке в зоне выхода из второй пары валков делался поперечный разрез и проводилось исследование распределения температуры по сечению. Выбор зоны изучения температуры был обу-

словлен тем, что именно на выходе из второй пары валков заготовка будет иметь наименьшую температуру, и поэтому в этих валках условия деформирования более жесткие, чем в первой паре или в матрице.

Для детального изучения распределения температуры по сечению заготовки был использован специальный инструмент программы DEFORM – «отслеживание параметров между двумя точками». Замеры температуры делались на левой и правой гранях, а также по центру сечения заготовки

В результате были получены следующие графики распределения температуры по сечению заготовки (Рис. 1)

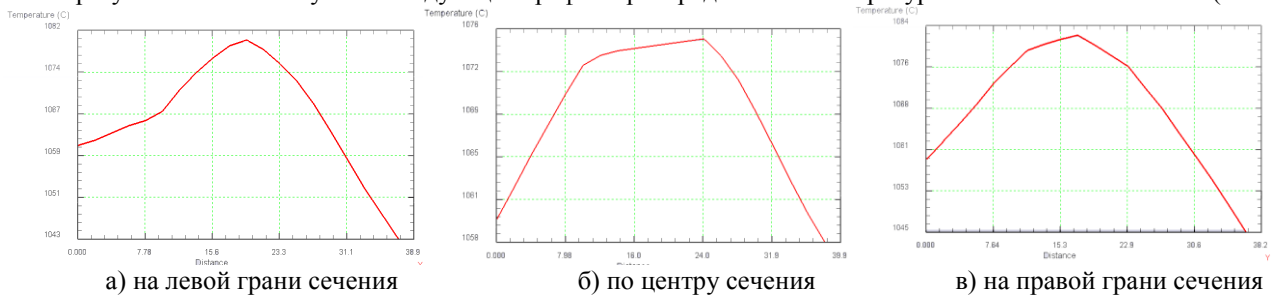


Рис. 1 Графики распределения температуры по сечению заготовки

Как видно из графиков на рис. 1, распределение температуры по сечению заготовки носит неравномерный характер. Центральная зона является более нагретой, чем поверхностные слои. В центре сечения разность температур составляет 20-25 градусов. На гранях она достигает 40 градусов. Такое неравномерное распределение температуры по сечению заготовки в дальнейшем это приведет к неоднородности физических свойств. Для того, чтобы этого не происходило, необходимо уменьшить потери тепла на поверхности заготовки. Этого можно добиться путем подогрева инструмента, в частности, равноканальной ступенчатой матрицы, так как осуществлять подогрев валков, установленных в прокатную клеть, нерационально. Для исследования влияния подогрева матрицы на распределение температуры по сечению заготовки была построена еще одна модель с аналогичными исходными геометрическими и технологическими данными. Единственное отличие этой модели от предыдущей состояло в том, что матрица была предварительно нагрета до температуры 300 градусов. Для детального изучения распределения температуры по сечению заготовки также был использован инструмент «отслеживание параметров между двумя точками». Замеры температуры делались на левой и правой гранях, а также по центру сечения заготовки, аналогично первой модели.

В результате были получены следующие графики распределения температуры по сечению заготовки (Рис. 2)

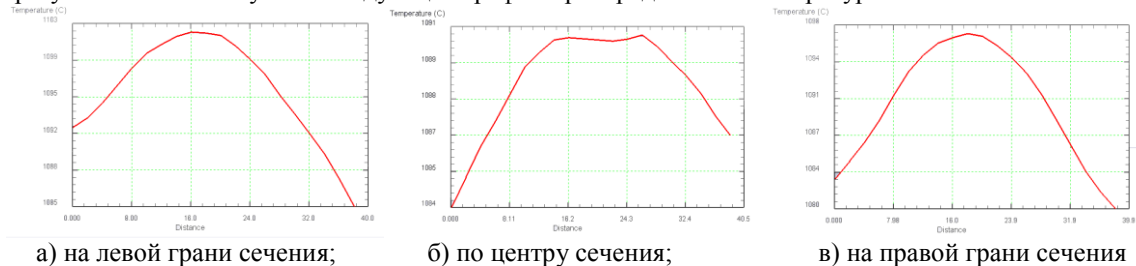


Рис. 2 Графики распределения температуры по сечению заготовки в модели с нагретой матрицей

Как видно из графиков на рис. 2, распределение температуры по сечению заготовки при предварительном подогреве матрицы носит плавный и более равномерный характер. Центральная зона по-прежнему является более нагретой, чем поверхностные слои. Однако в центре сечения разность температур составляет 4-7 градусов. На гранях она достигает 18 градусов. Снижение разности распределения температуры по сечению заготовки более, чем в 2 раза приведет к более однородному распределению физических свойств.

Выводы: Было проведено моделирование совмещенного процесса «прокатка-прессование» с использованием калиброванных валков и равноканальной ступенчатой матрицы с целью исследования температурных условий протекания данного процесса. Анализ полученных результатов моделирования показал, распределение температуры по сечению заготовки носит неравномерный характер. Большая разность температур (до 40 градусов) может привести к неоднородности физических свойств. Поэтому для выравнивания разности температуры по сечению рекомендуется осуществлять предварительный подогрев матрицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Naizabekov A.B., Lezhnev S.N., Panin E.A. Simulation of the joint 'rolling-extrusion' process using equichanneled step die. 17-th International Conference on metallurgy and materials METAL, 2008.
2. Найзабеков А.Б., Лежнев С.Н., Панин Е.А. Моделирование совмещенного процесса «прокатка-прессование» с использованием равноканальной ступенчатой матрицы.// Труды Университета, Караганда, 2008 №3, с. 16-19.
3. Найзабеков А.Б., Лежнев С.Н., Панин Е.А. Теоретические исследования совмещенного процесса «прокатка-прессование» с использованием равноканальной ступенчатой матрицы.// Изв. вузов. Черная металлургия, Москва, 2008, №6, с. 22-26.