

АНАЛИЗ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ ВАЛКИ - НЕПОДВИЖНАЯ МАТРИЦА ПРИ СОВМЕЩЕННОЙ ПРОКАТКЕ - ПРЕССОВАНИИ

Маслов И.Ю., Сидельников А.С.

Научный руководители: д-р техн. наук Беляев С.В., ст. преподаватель
Губанов И.Ю.

ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет

Одним из эффективных методов производства длинномерных профилей небольшого поперечного сечения из цветных металлов и сплавов является непрерывный процесс совмещенной прокатки-прессования (СПП), схема установки для процесса СПП представлена на рисунке 1.

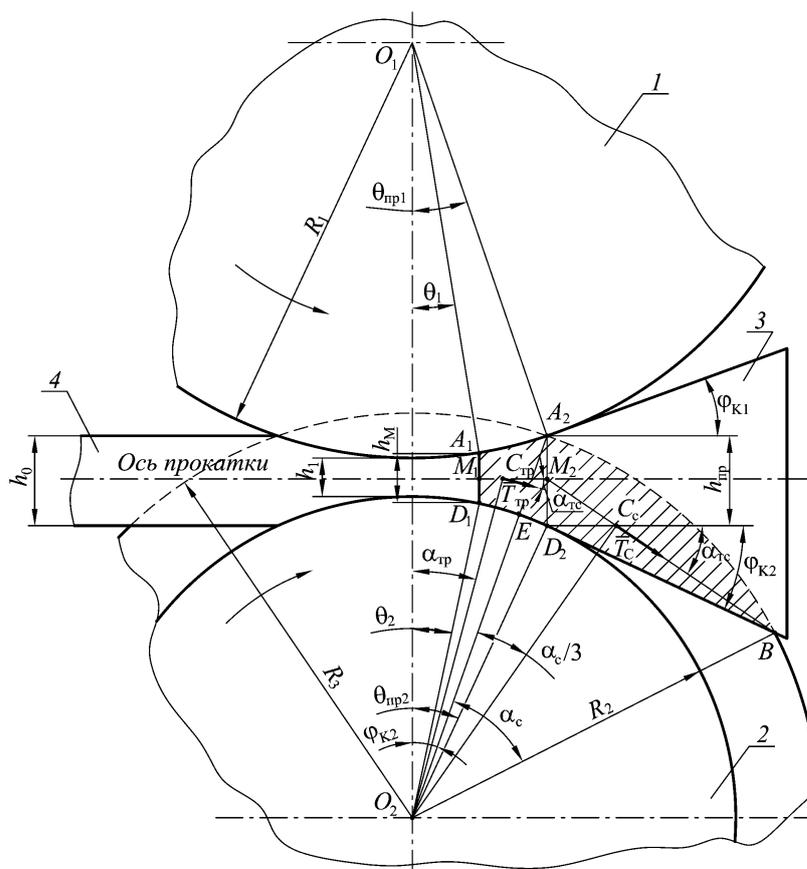


Рисунок 1 - Общий вид устройства для совмещенной прокатки-прессования:
1 - рабочий валок с выступом; 2 - рабочий валок с вырезом; 3 - матрица; 4 -
заготовка; 5 - профиль

Матрица является одной из ответственных деталей рабочего инструмента СПП. Она формирует контур профиля, определяет точность его размеров и качество поверхности. Кроме того, неподвижная матрица находится в постоянном контакте с вращающимися валками, образующими закрытый ящичный калибр прямоугольного сечения. Поэтому при реализации процесса СПП особенно важно обеспечить конструктивно и технологически оптимальный зазор на контакте рабочих валков и матрицы. С одной стороны, при минимальном зазоре интенсивно возрастает сила трения и увеличивается абразивный износ рабочего инструмента, а с другой стороны, при увеличении зазора возможно появление заусенца из деформируемого металла, что

нарушает стабильность протекания непрерывного процесса СПП, ухудшает качество профиля и снижает выход годного.

Для конструктивного обеспечения оптимального зазора при реализации процесса СПП было разработано устройство для непрерывной прокатки и прессования профилей [Патент на полезную модель 102542 Российская Федерация, МПК⁷ В21С 23/08. Устройство для непрерывной прокатки и прессования профилей / Беляев С.В., Сидельников С.Б., Довженко Н.Н. и др., заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» – заявл. 20.08.2010, опубл. 10.03.2011 г. бюл. № 7], где оригинальная конструкция матрицы позволяет во время эксплуатации обеспечивать назначенный конструктивно рабочий зазор и свести до минимума образование заусенца из деформируемого металла.

Технологически оптимальный зазор на контакте вращающихся валков и неподвижной матрицы создается за счет рационального усилия прижима матрицы к валкам с помощью гидравлического прижимного устройства. При этом, как и в случае с оптимальным зазором: если усилие прижима матрицы валков будет больше необходимого, то увеличится контактная сила трения и возникнет чрезмерный абразивный износ рабочего инструмента, в случае недостаточного усилия матрицы к валкам, интенсивно начинается образование заусенца из деформированного металла на валках, снижается выход годного и происходит дестабилизация процесса СПП. Поэтому определение необходимого давления прижима на матрице является актуальной задачей.

Учитывая, что все силы, действующие на матрицу во время установившегося процесса СПП, находятся в одной вертикальной плоскости прокатки или расположены в параллельных ей плоскостях (контактные силы трения на боковой поверхности калибра и матрицы), то можно воспользоваться тремя уравнениями равновесия матрицы в плоскости относительно осей координат (рис. 1):

- горизонтальных составляющих сил:

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = P_{ПП} + F_{ТП1} \cos \varphi_{K1} + N_1 \sin \varphi_{K1} + F_{ТП2} \cos \varphi_{K2} + N_2 \sin \varphi_{K2} + T_{TP} \cos \alpha_{TP} + T_C \cos \alpha_{TC} - P_{ПОД} = 0, \quad (1)$$

- вертикальных составляющих сил:

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = N_2 \cos \varphi_{K2} - F_{ТП2} \sin \varphi_{K2} - N_1 \cos \varphi_{K1} + F_{ТП1} \sin \varphi_{K1} - T_{TP} \sin \alpha_{TP} - T_C \sin \alpha_{TC} = 0, \quad (2)$$

- моментов сил относительно точки O_3 , которая будет находиться на пересечении прямых от боковых наклонных сторон матрицы и оси прокатки (ось x) и удалена от зеркала матрицы (точки M_1) на расстоянии $l_O = \frac{h_M}{4} (\operatorname{ctg} \varphi_{K1} + \operatorname{ctg} \varphi_{K2})$:

$$\sum_{i=1}^n m_{O_3}(F_i) = N_2 \frac{l_0 + l_{3M}}{\cos \varphi_{K2}} - N_1 \frac{l_0 + l_{3M}}{\cos \varphi_{K1}} - T_{TP} (l_0 + l_{TP}) \sin \alpha_{TP} - T_C (l_M + l_O) \sin \alpha_{TC} = 0. \quad (3)$$

При расчете моментов сил N_1 и N_2 относительно точки O_3 допускали, что они приложены посередине участка l_{3M} на длине заходной части матрицы с вогнутыми поверхностями и учитывали следующее соотношение:

$$l_{3M} = l_{3M1} \cos \varphi_{K1} = l_{3M2} \cos \varphi_{K2}, \quad (4)$$

Анализ системы полученных уравнений (18), (19) и (20) показывает, что число неизвестных величин N_1 , N_2 , $P_{\text{ПОД}}$ соответствует числу уравнений, т.е. задача является статически определимой.

Пусть силы трения на контакте валков с боковой поверхностью матрицы подчиняются закону Зибеля, тогда:

$$F_{TP1} = \frac{f_1 \sigma_{S\theta} l_{3M} b}{\cos \varphi_{K1}}, \quad F_{TP2} = \frac{f_2 \sigma_{S\theta} l_{3M} b}{\cos \varphi_{K2}}, \quad \tau_K = f_K \sigma_{S\theta}, \quad (5)$$

где b - ширина калибра.

Решая систему уравнений (18), (19) и (20), получим:

$$N_1 = \frac{\cos \varphi_{K1}}{\cos^2 \varphi_{K1} - \cos^2 \varphi_{K2}} \left\{ \frac{\cos^2 \varphi_{K2}}{1 + l_{3M}/l_0} [T_{TP} (1 + \frac{l_{TP}}{l_0}) \sin \alpha_{TP} + T_C (1 + \frac{l_M}{l_0}) \sin \alpha_{TC}] - 0,5 \sigma_{S\theta} l_{3M} b (\operatorname{tg} \varphi_{K2} - \operatorname{tg} \varphi_{K1}) - T_{TP} \sin \alpha_{TP} - T_C \sin \alpha_{TC} \right\}, \quad (6)$$

$$N_2 = N_1 \frac{\cos \varphi_{K2}}{\cos \varphi_{K1}} + \frac{\cos \varphi_{K2}}{1 + l_{3M}/l_0} [T_{TP} (1 + \frac{l_{TP}}{l_0}) \sin \alpha_{TP} + T_C (1 + \frac{l_M}{l_0}) \sin \alpha_{TC}], \quad (7)$$

$$P_{\text{ПОД}} = P_{\text{ПР}} + (f_1 + f_2) \sigma_{S\theta} l_{3M} b + N_1 \sin \varphi_{K1} + N_2 \sin \varphi_{K2} + T_{TP} \cos \alpha_{TP} + T_C \cos \alpha_{TC}. \quad (8)$$

На рисунке 2 представлены графики изменения, как абсолютных, так и относительных значений сил, действующих на матрицу во время СПП в зависимости от относительного удаления матрицы $L_0/L_{0\text{ПРЕД}}$ от оси, соединяющих центры валков.

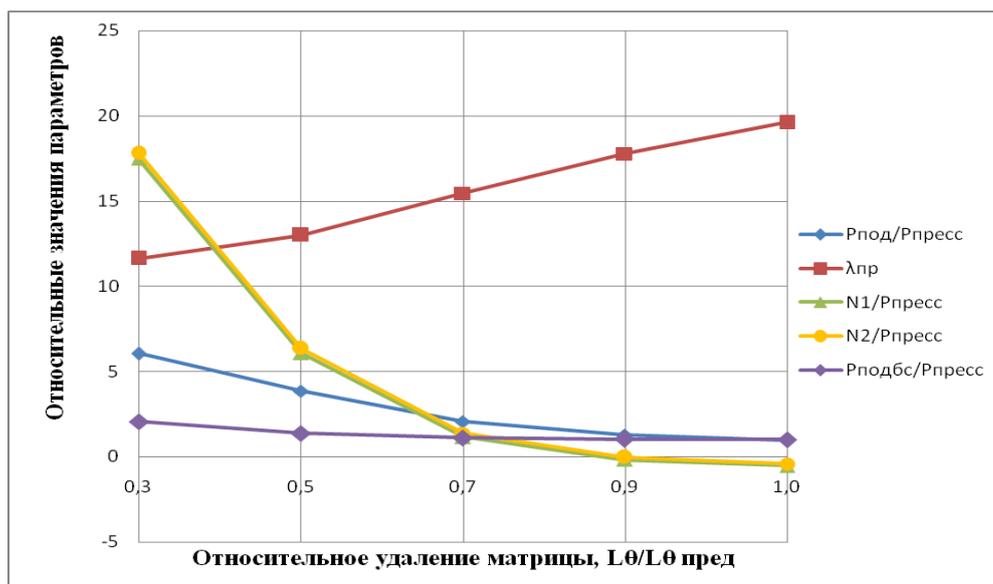


Рисунок 2 - Изменение относительных значений сил, действующих на матрицу во время СПП в зависимости от относительного удаления матрицы от оси, соединяющих центры валков

При этом установка СПП имеет следующие конструктивные параметры: радиусы валков $R_1 = 236$ мм, $R_2 = 192$ мм, $R_3 = 230$ мм. При этом калибр имел ширину $b_k = 40$ мм, зазор между валками при прокатке составлял $h_1 = 20$ мм. Во всех случаях диаметр получаемого прутка из алюминиевого циркониевого сплава был постоянным и равным $d_{ПП} = 9,5$ мм. Поэтому при удалении матрицы от оси, соединяющих центры валков, вытяжка при выдавливании прутка через матрицу увеличивалась в пределах $\lambda_{ПП} = 11,5 \div 19,6$, вследствие раскрываемости калибра, что вызывало и рост усилия прессования.

Анализируя полученные результаты, можно отметить следующее:

- для реализации процесса прокатки-прессования усилие прижима матрицы к валкам должно быть по абсолютному значению больше усилия прессования;
- с удалением матрицы от оси, соединяющих центры валков, относительное усилие прижима $P_{ПОД} / P_{ПРЕСС}$ уменьшается;
- для стабильной реализации процесса СПП относительное удаление матрицы от оси, соединяющих центры валков, должно находиться в диапазоне $L_0 / L_{0ПРЕД} = 0,7 \div 0,9$

Таким образом, в результате проведенных исследований на основе анализа контактного взаимодействия в системе вращающиеся валки - неподвижная матрица при СПП разработана методика расчета усилия прижима матрицы к валкам с учетом конструктивных параметров инструмента и технологических условий деформирования.