



The calculation methods of the contact square between slug and mandrel with cuts and mandrel construction with cuts are given.

О. Н. ХОРОШИЛОВ, О. И. ПОНОМАРЕНКО, НТУ «ХПИ»

УДК 621.74.002

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕЗОВ НА ДОРНЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

Разработка методики расчета площади контакта между заготовкой и дорном со срезами

В таких отраслях, как машиностроение, судостроение, узлы и механизмы на 45–50% состоят из литых изделий. В машиностроении большим спросом пользуются изделия и заготовки из медных сплавов: различные втулки, пластины круглого поперечного сечения, изделия, полученные на токарных станках и т.д.

Для получения заготовок простого поперечного сечения из медных сплавов целесообразно использовать технологический процесс непрерывного литья, так как он позволяет получать как сплошные, так и полые заготовки (трубы) с различной толщиной стенки.

Если в ходе процесса непрерывного литья сплошных заготовок можно позволить изменение длительности цикла или скоростных режимов движения заготовки в течение цикла, то процесс непрерывного литья полых заготовок требует более точного соблюдения режимов работы циклограммы. Наиболее опасным, с нашей точки зрения, является изменение длительности паузы, так как это приводит к нарушению стабильности непрерывного литья.

Во время паузы в кристаллизаторе происходит процесс охлаждения стенок заготовки как с наружной, так и внутренней стороны, что приводит к изменению ее геометрических размеров. Перемещение произвольной точки непрерывнолитой заготовки в радиальном направлении при ее охлаждении определяем по формуле [1]:

$$U(r) = \alpha \Delta T r \left[1 - \frac{\left[(1-\nu) + \left(\frac{R_1}{r} \right)^2 (1+\nu) \right]}{\left[(1-\nu) + \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 (1+\nu) \right]} \right], \quad (1)$$

где $U(r)$ – величина перемещения (усадки) произвольной точки в радиальном направлении, м; α – коэффициент термического расширения заготовки в температурном интервале кристаллизации сплава, $1/^\circ\text{C}$; ΔT – температурный интервал от начала затвердевания до текущего значения температуры, $^\circ\text{C}$; r – текущее значение радиуса в интервале от наружного значения R_1 до внутреннего значения R_2 ; ν – коэффициент Пуассона, значение которого для цветных сплавов принимаем равным 0,5.

Разработка методики определения площади контакта между заготовкой и дорном со срезами на величине одного шага включает определение площади контакта при ведении процесса непрерывного литья полых заготовок с использованием дорна со срезами; определение оптимальных технологических параметров непрерывного литья от таких конструктивных параметров дорна, как количество срезов N , длина среза l и диаметр дорна R (который обычно равен внутреннему диаметру заготовки R_2); предложение новой конструкции дорна со срезами, который может быть использован для любого типоразмера отливаемых полых заготовок.

Расчет площади контакта дорна на уровне срезов с поверхностью заготовки

Устанавливаем допустимые пределы изменения конструктивных характеристик срезов дорна для расчета указанной площади контакта:

- принимаем допущение, что длина среза l изменяется от 0,04–0,06 до 0,1 м;
- количество срезов N принимаем равным 3, 6 и 12 шт.;
- диаметры дорна равны 0,05, 0,1 и 0,2 м.

Определяем также граничные значения, при которых будем описывать геометрические фигуры срезов.

В вершину среза S помещаем начало системы координат (рис. 1).

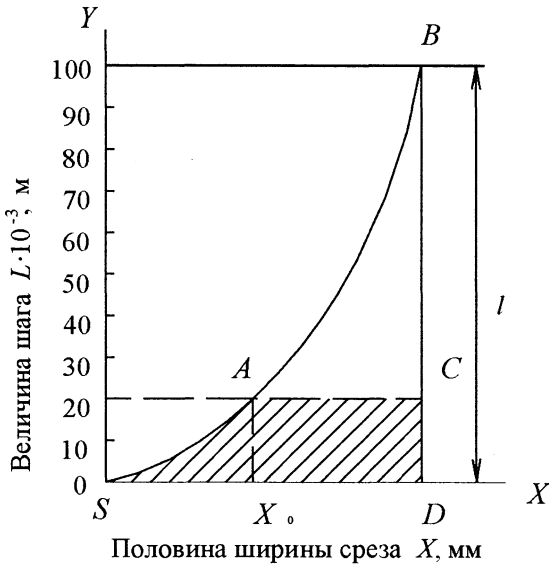


Рис. 1. Расчет площади контакта между дорном и заготовкой в зоне формирования внутренней поверхности заготовки: DB – длина среза l ; DC – величина шага L

Задаем следующие граничные условия.

1. Точка S вершины параболы находится в начале координат $X=0, Y=0$.

2. Точка B определяет длину среза l , имеет координаты $X=P/2, Y=l$,

где $P = \frac{\pi R}{N}$ – ширина среза; отрезок SD равен

половине ширины среза, поэтому, подставляя значения граничных условий в уравнение параболы, получаем:

$$l = a \left(\frac{P}{2} \right)^2, \quad (2)$$

где l – длина участка дорна со срезами, м; P – ширина площадки на торце дорна.

Для определения площади контакта между дорном и заготовкой необходимо вычисления проводить в данной последовательности.

Находим коэффициент параболы. Изменение геометрических характеристик срезов (N, l и d) в общем виде определяем по формуле

$$a = \frac{l N^2}{\pi^2 R^2}, \quad (3)$$

где N – количество срезов, шт.; R – радиус дорна, м; l – длина срезов.

Определяем площадь контакта между дорном со срезами и заготовкой. Площадь контакта между дорном со срезами и заготовкой зависит от

величины шага (рис. 1). Площадь контакта между дорном и заготовкой представляет собой пятиугольник $SACDS$, который состоит из треугольника SAX_0 и четырехугольника $ACDX_0$.

Площадь треугольника SAX_0 определяем по уравнению с изменением параметра интегрирования по оси OX от 0 до X_0 :

$$S_{\Delta} = \int_0^{x_0} ax^2 dx = \frac{a}{3} x^3 \Big|_0^{x_0} = \frac{\pi R l}{N} \left(\frac{L}{l} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (4)$$

где X_0 – точка пересечения кривой параболы с прямой величины шага L :

$$x_0 = \frac{\pi R}{N} \sqrt{\frac{L}{l}}. \quad (5)$$

Площадь четырехугольника $ACDX_0$ находим по формуле

$$S^1 = \frac{\pi R_2 L}{N} \left(1 - \sqrt{\frac{L}{l}} \right). \quad (6)$$

Общую площадь контакта между заготовкой и дорном рассчитываем по формуле

$$S_{\text{общ}} = \frac{\pi R}{N} \left[l \left(\frac{L}{l} \right)^{\frac{3}{2}} + L \left(\frac{L}{l} \right)^{\frac{3}{2}} \right]. \quad (7)$$

Площадь контакта заготовки и дорна без срезов:

$$S^{L-3} = 2\pi R L. \quad (8)$$

Изменения площади контакта между заготовкой и дорном со срезами по сравнению с площадью контакта между заготовкой и дорном без срезов находим по выражению

$$\eta = \frac{S_{\text{общ}}}{S^{L-3}} = \frac{1}{2NL} \left[l \left(\frac{L}{l} \right)^{\frac{3}{2}} + L \left(\frac{L}{l} \right)^{\frac{3}{2}} \right]. \quad (9)$$

Расчет силового взаимодействия между дорном и заготовкой при различных геометрических параметрах дорна и технологических параметрах процесса литья

Для определения взаимодействия между дорном и заготовкой к геометрическим параметрам дорна добавляется типоразмер заготовки – величины наружного (R_1) и внутреннего (R_2) радиусов. Причем величина внутреннего диаметра заготовки равна радиусу дорна R . Приведем выражения, которые позволяют установить влияние указанных параметров срезов: длины l , их количества N , соотношения наружного и внутреннего диаметров заготовки и величины шага L на изменение площади контакта дорна и заготовки.

Удельное напряжение, возникающее между дорном и заготовкой, находим по выражению [1]

$$\sigma^{d-3} = - \frac{\alpha_2 \Delta T E_{(t)}}{\left[(1-x) + \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 (1+\nu) \right]} \left[1 - \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 \right], \quad (10)$$

где $\alpha=3 \cdot 10^{-6}$ – коэффициент термического расширения заготовки в температурном интервале кристаллизации сплава, $1/^\circ\text{C}$; $\Delta T = T_0 - T_{\text{тек}}$ – температурный интервал между текущим значением температуры заготовки $T_{\text{тек}}$ и температурой начала затвердевания $T_0=645^\circ\text{C}$; $T_{\text{тек}} = LG_2$ – текущее значение температуры; L – величина шага, м; $E=45,3 \exp[0,029(600 - T_{\text{тек}})]$ – модуль упругости материала заготовки, МПа; $\nu=0,5$ – коэффициент Пуассона; R_1, R_2 – наружный и внутренний радиусы заготовки, м.

Силу срыва заготовки с дорна рассчитываем по выражению

$$P_{\text{ср}} = \sigma^{d-3} S_K^* f_{\text{тр}}, \quad (11)$$

где $f_{\text{тр}}=0,5-0,75$ – коэффициент трения между дорном и заготовкой для пары бронза–графит.

Определим силу, способную разрушить дорн в его поперечном сечении:

$$\left[P_{\text{пред}}^d \right] = \pi R_2^2 \left[\sigma_{\text{пред}}^d \right], \quad (12)$$

где $\sigma_{\text{пред}}^d$ – напряжение, при котором происходит разрушение дорна при растягивающей нагрузке [2]:

$$\left[\sigma_{\text{пред}}^d \right] = (17-35) \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2.$$

По формуле (12) можно получить выражение для определения предельного усилия, которое необходимо прилагать к заготовке непрерывного литья для соблюдения стабильного процесса непрерывного литья:

$$P_{\text{пред}} \leq K \left[P_{\text{пред}}^d \right], \quad (13)$$

где K – коэффициент запаса, равный 1,5.

Таким образом, были получены выражения для расчета предельного напряжения, которое целесообразно прикладывать к заготовке в процессе непрерывного литья, а также выражение для определения текущей силы срыва заготовки с дорна со срезами при различных геометрических параметрах срезов, дорна и заготовки.

Конструкция дорна со срезами

Для того чтобы повысить стабильность непрерывного литья полых заготовок из медных спла-

вов, необходимо сделать регулируемой площадь контакта между заготовкой и дорном. Эту задачу можно решить с помощью срезов, выполненных на поверхности дорна. Параметры срезов на рабочей поверхности дорна: длина l , количество срезов N , ширина среза P , которая является функцией от диаметра заготовки: $P=f(D, N)$.

Дорн со срезами [3] показан на рис. 2. Срезы выполняются на поверхности дорна. Вершины срезов S направлены в обратном направлении относительно движения заготовки и расположены на расстоянии одного шага от фронта затвердевания.

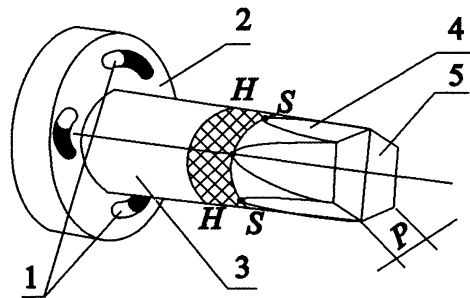


Рис. 2. Графитовый дорн со срезами: 1 – отверстия для прохождения расплава; 2 – посадочное место дорна в графитовую втулку кристаллизатора; 3 – рабочая поверхность дорна; 4 – срезы; 5 – торец дорна; P – ширина среза на торце дорна

Таким образом, данная методика позволяет:

- уменьшить усилие извлечения заготовки из кристаллизатора за счет регулирования площади контакта между заготовкой и дорном со срезами;
- снизить вероятность получения трещин на внутренней поверхности заготовки за счет уменьшения усилия извлечения заготовки из кристаллизатора;
- повысить стабильность непрерывного литья полых заготовок из медных сплавов на машине горизонтального непрерывного литья за счет снижения усилия извлечения заготовки из кристаллизатора.

Литература

1. Хорошилов О.Н. Методика определения внутренних напряжений в охлаждающихся полых непрерывнолитых заготовках из цветных сплавов // Процессы литья. 2005. №3. С. 37–42.
2. Колотило Д.М., Челядинов Л.М. Углеродные литейные формы. Киев: Наукова думка. 1971.
3. Дорн для непрерывного литья полых заготовок из цветных сплавов. Пат. С25D 21/12, В22D 11/04.