

РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ ОТЛИВОК ИЗ ЧУГУНА

Соиск. *Шульгина И.И.*, проф. *Сабеев К.Г.*

Кафедра технологии художественной обработки материалов.

Кафедра технологических машин и оборудования.

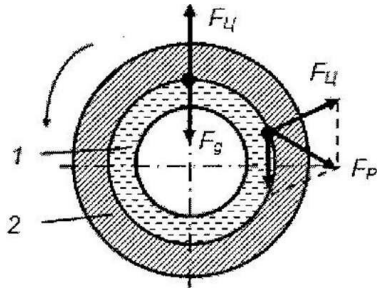
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)

Рассмотрены принципиальные особенности технологии центробежного литья отливок. Приведена формула расчета скорости вращения формы с горизонтальной осью вращения и значение коэффициента гравитации для разных видов форм и различного заливаемого сплава.

Центробежное литьё – перспективный способ производства фасонных изделий тел вращения преимущественно при крупносерийном производстве. Этим способом литья получают водопроводные и канализационные трубы, заготовки гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания, облицовки судовых валов, корпуса сушильных цилиндров бумагоделательных машин, труб для энергетического оборудования и другие изделия ответственного назначения. Центробежное литьё по сравнению с литьём в разовые формы имеет свои преимущества [1]. Производительность труда при работе на центробежной машине увеличивается в несколько раз, отпадает потребность в площадях для формовки, смесях, связующих материалах для стержней, а также в оборудовании для сушки форм и стержней. Процесс центробежного литья может быть полностью механизирован или автоматизирован, что уменьшает потери от брака и сокращает потребность в высококвалифицированной рабочей силе. Центробежные отливки отличаются повышенными механическими свойствами литого металла. При этом значительные технико-экономические преимущества центробежного литья достигаются за счет экономии металла,

энергоносителей и продолжительности производственного цикла. Однако центробежное литьё имеет и недостатки: необходимы специальные машины, формы должны быть повышенной прочности и герметичности, необходимо строгое дозирование металла для получения необходимого размера внутреннего отверстия отливки, увеличение объема ликвации компонентов сплавов по плотности. Сама отливка может иметь только форму тела вращения.

Особенность центробежного литья состоит в том, что металл заливают во вращающуюся форму, чаще всего металлическую. При заливке и кристаллизации металл испытывает действие центробежных сил. Ось вращения формы может быть горизонтальной, вертикальной, наклонной или перемещающейся в пространстве в процессе получения отливки. Металл, свободно заливаемый во вращающуюся вокруг горизонтальной оси форму, растекается по ней под действием кинетической энергии струи и вовлекается во вращательное движение за счёт сил трения металла о форму. Однако такая скорость частиц металла при его вращении вокруг горизонтальной оси не может быть постоянной из-за пульсации результирующей силы в течение оборота формы, так как она складывается из постоянной по величине и направлению силы тяжести и постоянной по величине, но меняющейся по направлению центробежной силы. Это приводит к тому, что свободная поверхность металла, залитого в форму, смещается к низу от оси вращения (рисунок) [2].



Гидростатические силы, действующие на металл при вращении формы относительно горизонтальной оси: 1 – расплав; 2 – форма; F_p – равнодействующая сил центробежной ($F_{ц}$) и тяжести (F_g).

В длинных формах кинетической энергии струи заливаемого металла недостаточно для равномерного растекания его вдоль формы, поэтому ось вращения таких форм делают наклонной, либо перемещают заливочный желоб вдоль формы во время заливки расплава, либо передвигают форму вдоль неподвижного желоба. Частота вращения формы при центробежном литье – один из основных технологических параметров, определяющих качество отливки. От частоты вращения формы зависят плотность отливки, ее механическая прочность, однородность состава по радиальному сечению, степень удаления шлаковых включений от наружной поверхности отливки, к внутренней и правильность формы свободной поверхности отливки. Определение скорости вращения формы является одним из основных вопросов при разработке технологии литья и конструировании центробежных машин. Чрезмерное увеличение частоты вращения нежелательно из-за возможности образования в отливках продольных трещин на наружной поверхности и повышенной ликвации элементов сплава. Кроме того, машины с большой частотой вращения конструктивно более сложны, менее удобны и менее безопасны в работе. Поэтому при технологической разработке процесса и конструировании машин выбирают не наибольшую, а

наименьшую частоту вращения, которая обеспечивала бы надлежащее качество отливок. Нижний предел частоты вращения при литье полых заготовок с горизонтальной осью вращения определяется следующим условием: заливаемый металл во время первого оборота вокруг оси должен получить ускорение, превышающее g . Невыполнение этого условия приводит к «дождеванию» металла при заливке в форму. Наиболее известным способом расчёта скорости вращения формы является расчёт по коэффициенту гравитации. Коэффициентом гравитации центробежного литья называют число, которое показывает, во сколько раз центробежная сила, действующая на заливаемый металл, больше силы тяжести. При расчётах необходимо различать заливку в форму с горизонтальной и вертикальной осями вращения [3].

При расчёте скорости вращения формы с горизонтальной осью вращения по коэффициенту гравитации учитывают, что на частицы расплава действует центробежная сила и сила тяжести [3].

$$F_{ц} = m - \frac{V}{R}, \quad (1)$$

где m – масса частицы, кг,

v – линейная скорость, м/с,

R – радиус вращения частицы, м.

Коэффициент гравитации K определяют по зависимости:

$$K = \frac{F_{ц}}{mg}, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с².

После подстановки выражения для F_c в эту формулу она принимает следующий вид:

$$K = \frac{V}{Rg}, \quad (3)$$

где $V = 2\pi Rn$.

После подстановки получаем:

$$K = \frac{4\pi^2 Rn^2}{g} = \frac{2\pi^2 Dn^2}{g}, \quad (4)$$

Искомое число оборотов формы в секунду составит:

$$n = \sqrt{\frac{g}{2\pi^2}} \sqrt{\frac{K}{D}} = 0,705 \sqrt{\frac{K}{D}}, \quad (5)$$

где D – диаметр формы, м.

Коэффициент гравитации K зависит от вида формы и заливаемого сплава. Для песчаной формы с горизонтальной осью вращения принимают $K=75$, для металлической формы $K=80$, для сплавов с узким интервалом затвердевания $K=90...100$.

Окружная скорость v любой точки вращающегося тела определяется по формуле:

$$v = \frac{\pi r n}{30}, \quad (6)$$

$$n = \frac{v \cdot 30}{\pi r}, \quad (7)$$

где n – число оборотов формы в минуту;

r – расстояние этой точки от оси вращения в м.

На основании экспериментов установлено, что чем больше толщина покраски внутренней поверхности формы, тем большее число оборотов необходимо для оптимального заполнения формы. Тогда формула окружной скорости будет иметь вид:

$$v = \frac{\pi r n}{30k},$$

(8)

$$n = \frac{vk \cdot 30}{\pi r},$$

(9)

где n – число оборотов формы в минуту;

r – расстояние этой точки от оси вращения в м;

k – коэффициент, изменяющийся от нуля до единицы в зависимости от толщины покраски внутренней поверхности формы [4].

При вертикальной оси вращения свободно заливаемый в форму металл постепенно увлекается ею во вращательное движение. Через некоторое время угловые скорости вращения отдельных слоев металла и самой формы выравниваются, и жидкость приходит в состояние относительного покоя. Пульсации результирующей силы за период оборота формы в этом случае не происходит, так как направление центробежной силы при вращении относительно вертикальной оси не изменяется. Температура нагрева изложницы перед заливкой металлом, футеровка изложницы и способ заливки металла в форму оказывают влияние на формирование центробежных отливок и их качество. Предварительный подогрев изложницы снижает тепловой удар при заливке металла, способствует лучшему распределению металла по диаметру и длине, повышению качества наружной

поверхности отливок и снижению брака по отбелу при литье чугуна. Огнеупорное покрытие уменьшает скорость и степень нагрева изложниц при заливке их металлом, а также снижает скорость охлаждения отливок, что предотвращает образование трещин при литье стали, и отбела при литье чугуна. Для форм наиболее распространены огнеупорные покрытия из сыпучих материалов (обычно из сухого кварцевого песка). Благодаря большой частоте вращения изложницы такое покрытие наносится ровным слоем на ее стенку, удерживается на ней и не размывается струей горячего металла. Но значительный пригар песка и формирование некачественной наружной поверхности отливок обуславливает необходимость разработки более технологичных огнеупорных покрытий. Перспективно использовать в этих целях жидкие огнеупорные покрытия на основе диатомита, например, огнеупорную краску, содержащую, % (мас. доля): диатомита термообработанного 55 – 70; бентонита 1,0 – 2,5; коллоидального раствора золя кремниевой кислоты с содержанием 20 % SiO_2 3,0 – 9,0; воды (до плотности краски 1200 – 1400 кг/м^3) – остальное, так как это обеспечивает получение качественных однослойных и биметаллических отливок из чугуна и стали. Скорость заливки металла влияет на качество наружной поверхности отливки и заполнения формы и зависит от критической скорости вращения формы. Подачу металла в начале заливки рекомендуется ускорить, чтобы металл быстрее распределился по всей поверхности формы. В этом случае неслитины и спай на поверхности отливки не образуются. В дальнейшем скорость наращивания толщины слоя снижают в целях создания благоприятных условий для направленного затвердевания, уменьшения гидравлического давления на затвердевшую оболочку и вероятности развития ликвации и т.д. Регулирование

скорости заливки удобнее выполнять при заливке металла через носок ковша и гораздо сложнее – через стопор или чашу с отверстием. При разработке технологического процесса центробежного литья необходимо учитывать плотности первично выпадающих фаз в интервале кристаллизации и остающегося маточного раствора. В тех случаях когда плотность первично выпадающей фазы меньше плотности жидкости, необходимо обеспечить минимальные скорость литья и температуру металла и формы для обеспечения направленной кристаллизации. Водопроводные и канализационные трубы из серого чугуна являются одним из наиболее массовых видов продукции, изготавливаемых центробежным литьем. Для труб характерны большая длина и сравнительно малая толщина стенки. Канализационные трубы изготавливают длиной 2 м и диаметром 50 – 150 мм при толщине стенок 4 – 5 мм; водопроводные трубы – длиной 2 – 5 м, диаметром 50 – 1 000 мм и толщиной стенок 7,5 – 30 мм. Литые трубы не обрабатывают резанием. В технических условиях на их приемку регламентируют массу труб, их разностенность (продольная и радиальная). Для водопроводных труб, кроме того, обязательным является испытание на герметичность. Из механических свойств определяют твердость (по Брюнеллю) и так называемый модуль кольцевой прочности R . Центробежное литьё напорных труб обеспечивает их плотную структуру и отсутствие разностенности. Этот способ литья максимально экономичен, поскольку для образования внутренней поверхности не используются стержни, а массовое производство продукции оправдывает применение дорогих машин и установок. Как правило, водопроводные и канализационные трубы получают в металлических, интенсивно охлаждаемых подвижных формах [2].

Недостатки процесса: значительная стоимость металлических форм при малой их стойкости, образование в отливках поверхностного отбела, большие внутренние

напряжения, что приводит к необходимости высокотемпературного отжига труб, приводящему к удорожанию продукции.

Выводы:

1. Центробежное литье является специальным прогрессивным способом получения отливок.
2. Форма при центробежном способе литья может вращаться вокруг вертикальной, горизонтальной и наклонной осей в зависимости от конструкции отливки.
3. При расчёте скорости вращения формы с горизонтальной осью вращения по коэффициенту гравитации учитывают, что на частицы расплава действует центробежная сила и сила тяжести.
4. Коэффициент гравитации K зависит от вида формы и заливаемого сплава [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Разумов В.Н.* Технология литейного производства: Учеб. пособие. Иваново, 1974. 171 с.
2. *Титов Н.Д.* Технология литейного производства. 2-е изд., перераб. М.: Машиностроение, 1978. 388 с.
3. *Юдин С.Б., Розенфельд С.Е., Левин М.М.* Центробежное литье. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1972. 279 с.
4. *Гини Э.Ч. Зарубин А.М., Рыбкин В.А.* Технология литейного производства. Специальные виды литья: Учеб. для вузов/ Под ред. В.А.Рыбкина. М.: Academia, 2005. 350 с.
5. *Морозова И.И. Сабеев К.Г.* Некоторые аспекты технологии центробежного литья отливок для изделий// Труды молодых ученых ВНИЦРАН и Правительства РСО-Алания. № 2. 2011. С.30-37.

