

6.2. Управление термодинамическими процессами формирования заготовки втулки при литье в песчано-глинистые формы

Обеспечение необходимой дифференцированной износостойкости рабочей поверхности втулки цилиндра по длине образующей обеспечивается заданными переменными структурой и свойствами в каждой точке поверхности трения. Необходимо решить задачу: по заданным в каждой точке рабочей поверхности свойствам материала детали разработать технологический процесс получения заготовки. Для этого необходимо рассчитать скорости кристаллизации и охлаждения металла в каждой точке поверхности заготовки с учетом припуска на мехобработку и определить необходимое термодинамическое влияние на процесс формирования отливки.

При отливке втулок цилиндров в разовые песчано-глинистые формы управление процессами структурообразования возможно по трем вариантам:

1. Установкой пассивных металлических холодильников в стержень.
2. Установкой активного трубчатого холодильника в стержень.
3. Ранней выбивкой детали из формы и ее принудительным внешним охлаждением.

Рассмотрим более подробно каждый из этих вариантов, они имеют свои преимущества и недостатки.

Первый способ наиболее простой. Он заключается в следующем: в песчаный стержень 3 на заданном расстоянии δ от внутренней поверхности отливки и по высоте цилиндра (рис. 6.1.) заформовывается массивный металлический холодильник 4 сложной формы.

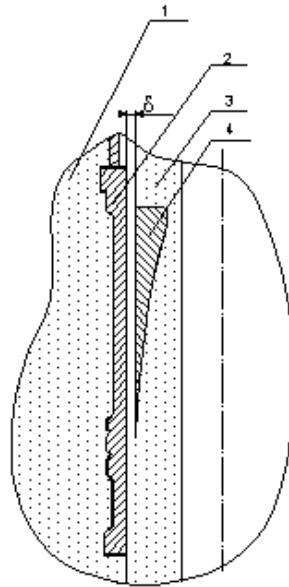


Рис. 6.1. Схема отливки в песчано-глинистую форму втулки цилиндра судового дизеля с пассивным холодильником:

1 – разовая форма;

2 – отливка;

3 – стержень;

4 – холодильник;

δ – толщина песчаной прослойки.

За счет своей массы холодильник отбирает на себя часть тепла отливки и тем самым ускоряет ее охлаждение. В зависимости от массы холодильника его влияние на различные участки будет неоднозначным. Зоны втулки, приближенные к наиболее массивной части холодильника, будут охлаждаться интенсивнее с образованием мелкопластинчатого перлита, иметь более высокую твердость. Кроме массы холодильника, на термодинамику процесса большое влияние оказывает расстояние δ от поверхности отливки. Это расстояние должно обеспечить время продвижения фронта температуры от поверхности формы до холодильника, равное времени кристаллизации заготовки в зоне рабочей поверхности. При малом расстоянии от отливки до

холодильника его термодинамическое влияние на процесс формирования заготовки проявится слишком рано и окажет воздействие на первичную кристаллизацию заготовки, что может привести к появлению цементита в структуре детали.

После прохождения фронта изменения температуры через холодильник, его нагревом и в то же время охлаждением отливки, его влияние на термодинамические процессы охлаждения заготовки уменьшается и отливка охлаждается еще медленнее (за счет массы нагретого холодильника), чем без холодильника, что обеспечивает самоотпуск и уменьшение внутренних напряжений. Масса холодильника, его форма и удаление от поверхности отливки должны быть такими, чтобы его термодинамическое влияние на процессы охлаждения заготовки были большими в интервале температур перлитного превращения. За счет установки пассивных холодильников можно добиться повышения твердости чугуна на 25...30 НВ. Происходящие термодинамические процессы нестационарные по всем параметрам. Изменяется температура залитого в форму металла, температура формы, меняется с изменением температуры теплопроводность материала формы и детали, изменяются значения теплоемкости материалов и коэффициенты теплоотдачи, воздействует скрытая теплота кристаллизации и фазовых переходов, накладывается влияние процессов массопереноса в форме и другие. Поэтому проведенные термодинамические расчеты требуют большого числа допущений и оставляют возможность для дальнейших усовершенствований

К преимуществам данного метода можно отнести высокую прочность и долговечность холодильника и его стабильное прогнозируемое воздействие, связанное с постоянством массы и начальной температуры. Недостатком данного метода следует считать ограниченность интенсивности воздействия

на процесс формирования заготовки вследствие ограниченной массы холодильника.

Второй способ отливки втулок цилиндров судовых дизелей с установкой трубчатого холодильника был подробно описан автором в кандидатской диссертации и работах [131]. Суть его заключается в следующем: при отливке втулок цилиндров в песчано-глинистые формы интенсификация процесса теплообмена между формой и отливкой достигается постановкой в центральный стержень специального трубчатого охлаждающего элемента. Необходимое заданное переменное термодинамическое воздействие на отливку достигается за счет требуемого удаления трубок от поверхности заготовки, их шагом по высоте цилиндра, направлением, скоростью и родом хладагента.

Установка трубчатого холодильника оказывает влияние на структуру и износостойкость чугуна в зоне рабочей поверхности, повышая последнюю. Но второму способу отливки присущи очень существенные недостатки, препятствующие его внедрению в серийное производство. Это, в первую очередь, малая механическая прочность холодильника и опасность применения воды в качестве хладагента. Охлаждение воздухом дает слишком незначительные результаты. Кроме того, процесс не контролируемый визуально и очень трудно контролируемый аппаратурной частью в условиях литейного цеха.

Указанные недостатки двух первых методов привели к разработке третьего, самого простого с технической точки зрения и самого мощного с термодинамической стороны. Сущность его заключается в следующем: отливка втулок цилиндров проводится в обычные песчано-глинистые формы без установки любых охлаждающих элементов, аналогично заводскому технологическому процессу. В этом случае, за счет сбалансированного химического состава чугуна под имеющиеся термодинамические свойства

применяемых песчано-глинистых смесей, производится пассивная отливка в разовую форму и медленная кристаллизация отливки, обеспечивающая образование серого чугуна с оптимальной формой и размерами графитовых включений. Изменение заводского технологического процесса происходит на стадии охлаждения заготовки и заключается в более раннем раскрытии формы и выбивке заготовки. Выбивка заготовки проводится до прохождения отливкой температуры перлитного превращения и начинается при температуре 800...850 °С. После удаления материала стержня температура внутренней поверхности втулки доходит до 750...800 °С. В это время втулку начинают принудительно охлаждать с внутренней поверхности с помощью водяного спрейера с интенсивностью, изменяющейся по высоте цилиндра и по его окружности. Свободная внутренняя поверхность заготовки дает возможность производить охлаждение с любой интенсивностью в любой точке внутренней поверхности. Это дает возможность создавать заданную структуру на поверхности детали не только по высоте, но и по окружности цилиндра, тем самым, устраняя неравномерный износ, как по длине образующей, так и неравномерный износ в плоскости качания шатуна и плоскости вращения коленчатого вала, устраняя не только конусность, но и эллипсность при эксплуатации.

Раннее раскрытие формы улучшает не только структуру внутренней поверхности детали, но и наружной поверхности и материала по всей массе. Практически процесс отливки совмещен с нормализацией всей детали и термообработкой рабочей поверхности. Твердость наружной поверхности повышается до 241, а внутренней поверхности может быть доведена до 300 НВ и выше (что сдерживается обрабатываемостью детали). Возрастает также прочность чугуна. Износостойкость чугуна в зоне рабочей поверхности повышается на 40...50 %.