

УДК 621.09

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ СТАНИН МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Николай Валерьевич Терентьев⁽¹⁾, Денис Олегович Савватеев⁽²⁾

Студент 5 курса⁽¹⁾, студент 4 курса⁽²⁾,

кафедра «Металлорежущие станки»

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель: А.Г. Ягопольский,

старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»

Станина – основная корпусная несущая составляющая металлообрабатывающих станков. На станине монтируются узлы и механизмы технологических машин. Качество работы всей машины целиком зависит от прочности, жесткости и износостойкости литой станины, так как на нее действуют усилия при работе механизмов. Станина обеспечивает точное взаимное расположение всех основных узлов станка.

Основной материал изготовления корпусных литых деталей - чугун. Общая масса чугунных деталей в технологических машинах может достигать 85%. Важнейшими требованиями, предъявляемыми к металлорежущим станкам являются: жесткость, стабильность геометрической формы, износостойкость. К серому чугуну предъявляются схожие требования.

Важной задачей литейного производства станин металлорежущего оборудования является сокращение брака. Работа по предотвращению брака отливок заключается в выявлении брака, анализе характера обнаруженных дефектов, определении причин их возникновения, назначении и выполнении процедур по предупреждению дефектов.

Будем классифицировать дефекты по их внешнему виду, местоположению на отливке, по размерам. В процессе получения отливки возникают разнообразные дефекты:

1. Поверхностные дефекты
2. Раковины
3. Неметаллические включения в отливках
4. Трещины
5. Неслитины и недоливы
6. Приливы
7. Искажение размеров и формы отливок
8. Несоответствие состава, структуры и свойств

Рассмотрим основные типы дефектов более подробно:

Поверхностные дефекты. В процессе затвердевания и охлаждения отливки изменяется температура, свойства и состав формовочной смеси. При этом компоненты сплава взаимодействуют с компонентами материала формы и атмосферой, вступают в химические реакции, сплав выделяет и поглощает газы, оказывает силовое воздействие на стенки формы (размывает, сжимает элементы формы), проникает в поры формы и т. д. В результате указанных процессов в отливках образуются дефекты, ухудшающие качество поверхности отливок.

Пригаром называют слой на поверхности отливки, состоящий из оплавившихся частиц формовочных материалов, пропитанных основным сплавом, окислами его компонентов и продуктами их взаимодействия с составляющими формовочной смеси. Этот слой прочно удерживается на поверхности отливки.

Образование пригара обусловлено проникновением сплава в поры формы под действием капиллярных сил и давления металла на стенки формы. Проникновение расплава в поры формы является первой стадией процесса образования пригара, а второй его стадией является

химическое взаимодействие окислов металла, содержащихся в расплаве (окислов железа и легирующих элементов), и окислов, содержащихся в формовочных материалах. Химическое взаимодействие расплава и формы усиливает проникновение металла в поры формы.

Под действием высокой температуры изменяются свойства кварцевого песка и глины в поверхностных слоях формы, происходит их спекание и оплавление. Одновременно наблюдается химическое взаимодействие окислов металла и формовочного материала, приводящее к возникновению новых минералов и образованию в форме зоны, называемой контактной. Общая величина контактной зоны и соотношение размеров отдельных ее слоев зависят от температуры заливаемого сплава и физико-химических свойств формовочных смесей.

Для предотвращения механического проникновения расплава в поры формы необходимо, чтобы давление расплава было меньше критического и температура на поверхности формы была ниже температуры затвердевания сплава. Ускоренное образование на поверхности отливки затвердевшей корочки, предотвращающей механическое проникновение металла в поры формы, достигается использованием облицовочных смесей с повышенной охлаждающей (теплоаккумулирующей) способностью. Замена в формовочных смесях кварцевого песка хромомагнетитом или цирконом такого же зернового состава, но имеющими более высокую охлаждающую способность, уменьшает механический пригар и снижает глубину проникновения расплава примерно вдвое.

Для предотвращения или снижения интенсивности химической стадии образования пригара следует прежде всего уменьшать окисленность расплава. Основным способом предупреждения пригара, особенно на крупных отливках, является нанесение на поверхность формы специальных противопригарных покрытий - литейных красок и паст на основе огнеупорных материалов. Покрытия создают на поверхности формы плотную, прочную и огнеупорную корку, препятствующую проникновению жидкого расплава в стенки формы.

На поверхности чугунных отливок часто наблюдается дефект, представляющий собой беспорядочно расположенные «сморщенные» участки и углубления с бесформенными краями. Складки и углубления до их окончательной очистки заполнены материалом черного цвета, по внешнему виду напоминающим графит.

При высоких температурах в форме в процессе заливки возможен процесс разложения (пиролиз) углеводородов. Так, в результате разложения метана (CH_4) при температурах выше $700-800^\circ\text{C}$ образуется углерод и водород.

Углерод, образующийся в процессе высокотемпературного разложения летучих продуктов коксования, называют вторичным или блестящим. Блестящий углерод по сравнению с сажей имеет низкую горючую способность на воздухе и высокую точку воспламенения. Он прочно сцепляется с другими инертными веществами.

Блестящий углерод покрывает тонким слоем кварцевые зерна вблизи границы раздела и может оседать на поверхности заполняющего форму расплава. Увеличение глины в формовочных смесях, а также повышение плотности набивки форм ведут к снижению газопроницаемости смеси, что препятствует отводу продуктов разложения органических веществ из формы. В результате количество блестящего углерода на поверхности металла увеличивается.

Предотвращение складчатости связано с предупреждением образования блестящего углерода и его контакта с расплавом. Для предотвращения складчатости необходимо интенсифицировать отвод газообразных продуктов из полости формы, для чего следует повышать газопроницаемость формовочной смеси и улучшать вентиляцию форм.

Быстрый нагрев рабочей полости формы может вызвать образование на поверхности отливок дефектов, называемых ужиминами. Чаще всего они представляют собой утолщение на поверхности отливки, под которым находится полость, заполненная формовочным материалом. Это связано с быстрым испарением влаги с поверхностных слоев формы.

Раковины. Газовые раковины представляют собой полости в теле отливки, образованные выделившимися из металла или внедрившимися в металл газами. Поверхность таких раковин гладкая. Газовые раковины могут быть одиночными и групповыми.

Механизм образования газовых раковин и методы их предупреждения связаны с источником газообразования. Если газы выделяются из форм и стержней, то дефект образуется в результате механического проникновения газа в жидкий расплав с поверхности раздела металл-форма. Это явление часто.

Если бы металл в форме охлаждался очень медленно, то внедрившиеся в жидкий металл газовые пузырьки могли всплыть и удалиться из него, тогда в отливке не было бы газовых раковин. Однако в литейной форме происходит сравнительно быстрое охлаждение жидкого металла, он затвердевает вначале с поверхности, а затем по всему сечению стенки отливки. При образовании затвердевшей корки металла удаление пузырей газа из тела отливки практически невозможно.

Газы так же могут проникать в отливку в результате перемешивания при заливке и в местах, где струя обтекает острые углы стояков и питателей. Возможны и другие варианты попадания газов в отливку.

Следует уменьшать газотворность смесей, увеличивать скорость отвода газов из форм и стержней, способствовать удалению из отливки внедрившихся газовых пузырей до момента ее полного затвердевания.

Уменьшение газотворности смесей и скорости газообразования в формах и стержнях достигается различными способами. Прежде всего необходимо устанавливать оптимальный состав формовочных и стержневых смесей. При этом смеси должны содержать минимальное количество газотворных материалов - воды, органических связующих, противопригарных добавок, глины, извести, слюды, асбеста и т. п. Наиболее газотворна вода, поэтому содержание ее в смесях должно быть ограничено.

Радикальным способом снижения газовой выделенности при заливке является высушивание и прокаливание стержней и форм. При этом из них почти полностью удаляется вода и частично удаляются летучие продукты из связующего материала. Образованию газовых раковин в отливках может способствовать краска, обладающая повышенной газотворной способностью, особенно нанесенная толстым слоем. Окрашенные стержни надо подсушивать.

Повышение скорости отвода газов из форм и соответственно снижение давления газа достигается прежде всего уменьшением длины пути фильтрации газов. Для этого необходимо уменьшать расстояние от отливки до стенок и лада опок, предусматривать вентиляционные каналы в форме и стержне. Особенно это важно для форм, уплотненных при повышенном удельном давлении, так как такие формы обладают пониженной газопроницаемостью и, следовательно, в них повышается давление газа.

Для удаления газовых пузырей из жидкого металла наиболее эффективно повышение температуры заливаемого металла. С повышением температуры вязкость расплава уменьшается, а время до образования корочки металла увеличивается. Таким образом, при повышенной температуре заливки сплава увеличивается время, в течение которого возможно удаление пузырей газа из отливки.

Ситовидной пористостью называют вытянутые, иногда округленные раковины с гладкими стенками, расположенные непосредственно под литейной коркой по всей отливке или в отдельной ее части перпендикулярно к поверхности отливки. Отдельные раковины могут выходить на поверхность. В отливке происходят реакции в результате которых образуются мелкие пузырьки газа.

Основной способ предотвращения ситовидной пористости в стальных отливках заключается в раскислении сплава с избытком раскисляющих добавок, достаточных для связывания кислорода, попадающего в сталь в период между выпуском ее из печи и окончанием заполнения формы.

Эффективным способом предотвращения этого дефекта является также сокращение пути движения жидкого металла в форме за счет уменьшения длины элементов литниковой системы. Количество ситовидной пористости в отливках резко снижается при использовании стержневых связующих, не содержащих азота.

Усадочными раковинами называют открытые или закрытые полости в теле отливки, имеющие шероховатую грубокристаллическую поверхность со следами дендритов. Усадочная пористость представляет собой мелкие полости, расположенные между дендритами сплава по всему объему отливки или в ее центральных частях. Усадочные раковины в отличие от усадочной пористости имеют сравнительно большие размеры.

Усадочные раковины обычно образуются в утолщенных местах отливки, которые затвердевают в последнюю очередь. Как правило, за счет ликвации при затвердевании отливки металл в усадочной раковине имеет повышенное содержание серы и фосфора. Все металлы при нагреве увеличиваются в объеме, а при охлаждении, наоборот, сокращаются. Следовательно, объем жидкого металла в форме всегда больше объема металла затвердевшей отливки. Сокращение объема и линейных размеров отливки в форме при остывании называется усадкой.

Усадка является естественным процессом, происходящим в остывающей отливке, и предотвратить ее невозможно. Все методы предотвращения усадочных дефектов сводятся к созданию таких условий затвердевания, при которых недостаток жидкого металла в кристаллизующейся отливке или в отдельных ее узлах восполняется путем подвода дополнительного жидкого металла. Дополнительный подвод металла к месту образования усадочных дефектов должен быть непрерывным и продолжаться до полного затвердевания. Таким образом, кристаллизующийся слой отливки должен быть в контакте с жидким металлом.

Для компенсации усадки сплава отливок используют искусственные емкости жидкого металла, называемые прибылями.

Неметаллические включения в отливках. В процессе затвердевания отливки температура отдельных ее участков никогда не бывает одинаковой. Температура поверхности отливки всегда ниже, чем внутренних слоев, тонкие стенки остывают быстрее толстых. Стержни и болваны, окруженные металлом, быстро прогреваются и затрудняют отвод тепла от соприкасающихся с ними стенок отливки, части отливок, примыкающие к литниковой системе и прибылям, остывают медленнее и т. д. Поскольку температура и скорость охлаждения отдельных участков одной и той же отливки не одинаковые, то и величина их усадки должна была бы быть различной. Однако все части отливки являются единой жесткой системой и размеры их не могут изменяться независимо одна от другой. Одни элементы отливки, препятствуя свободной усадке других, оказывают друг на друга силовое воздействие. В результате в отливке возникают внутренние напряжения. В результате этих напряжений образуются трещины.

Наиболее важной задачей литейщиков является обеспечение минимальных перепадов температур в стенках и отдельных частях отливки в период ее затвердевания и дальнейшего охлаждения. В связи с этим большое значение имеет правильное конструирование отливок с целью обеспечения условий одновременного затвердевания и остывания их стенок и отсутствия термических узлов. Практически это требование выполнить трудно, однако необходимо стремиться к тому, чтобы разница толщин сопрягающихся стенок была минимальной. Чем больше толщина стенок отливки и больше разница толщин отдельных ее частей, тем больше напряжения при прочих равных условиях. К основным мероприятиям по предотвращению горячих трещин относится создание податливой формы.

С целью выравнивания скоростей охлаждения различных участков отливки и, следовательно, уменьшения температурных напряжений применяют подогрев формы или специальные низкотеплопроводные и экзотермические формовочные смеси для облицовки тонких стенок отливки. Для ускорения охлаждения массивных тепловых узлов используют местные внутренние и наружные холодильники. Наружные холодильники должны быть не

сплошными, а в виде отдельных плиток, брусков и т. д. Зазоры между отдельными холодильниками необходимо тщательно заделывать во избежание появления заливов.

Учитывая факторы, влияющие на процесс изготовления литых станин металлорежущих станков и высокие технологические требования, предъявляемые к ним, может быть предложен алгоритм изготовления литой станины:

- Задание свойств литой детали;
- Выбор материала и расчет массы отливки;
- Анализ типа литниковой системы;
- Анализ охлаждающей системы;
- Проектирование литейной оснастки;
- Изготовление отливки;
- Контроль качества отливки;
- Последующая обработка отливки;

В настоящее время имеются достаточно эффективные методы диагностики и предотвращения дефектов в отливках деталей металлорежущих станков, основанные на обобщенном методе описания закономерностей формирования и протекания процессов происходящих при затвердевании расплавленного металла. Вместе с тем методы оценки и обнаружения дефектов требуют дальнейших исследований и развития. Предполагается проведение исследований с различными вариантами заливки литейной формы, разработка сложной системы, решающей все возникающие проблемы в комплексе, чтобы создать методику литья стальных заготовок металлообрабатывающих станков, в частности станин.

Литература

1. Мухин А.В., Спиридонов О.В., Схиртладзе А.Г., Харламов Г.А. Производство деталей металлорежущих станков: Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 2001. – 560 с.: ил.
2. Меламед Г., Счастливенко Ф. Надежность и долговечность станочных систем. Минск. «Беларусь», 1967., 224 с. С илл.
3. Справочник по чугунному литью./Под ред. Д-ра техн. Наук Н.Г.Гиршовича. – 3-е изд., перераб. И доп. -Л.: Машиностроение. Ленинград, 1978.-758 с., ил.