МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

КАЗАНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

(ФГБОУ ВО «КНИТУ» КТК)

Конкурс «Наука без границ-2022»

Номинация «Занимательная наука»

Научный опыт

по дисциплине «Основы материаловедения и технология общеслесарных работ»

на тему: «Процесс кристаллизации. Влияние кристаллизации на структуру и свойства металла»

Выполнил: студент 2011 гр.

Белов Тимофей Михайлович

Научный руководитель:

Пирогова Татьяна Павловна

Казань, 2022 г.

Введение

Металлы и металлические сплавы в большинстве случаев получают путем кристаллизации или, в некоторых случаях, быстрого охлаждения из жидкого состояния.

Поэтому способ охлаждения и жидкого состояния определяет структуру литого металла.

Первичная кристаллизация – это процесс перехода металла из жидкого состояния в твердое с образованием кристаллической структуры.

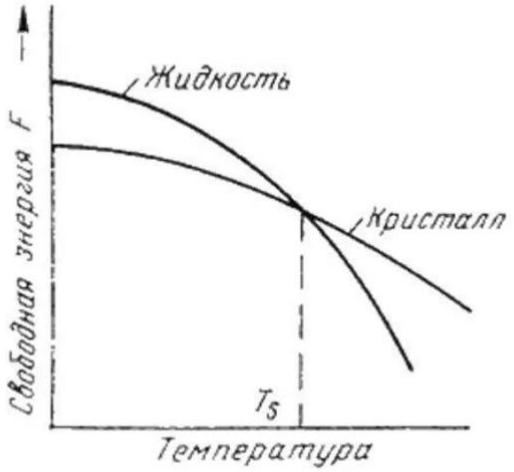

Рисунок 1 – Зависимость температуры твердого тела и жидкого от уровня свободной энергии

Точка пересечения кривых соответствует равновесной температуре кристаллизации – температуре плавления металла.

Процесс кристаллизации из жидкого состояния может начаться лишь при условии переохлаждения ниже равновесной температуры плавления на некоторую величину, при которой уровень свободной энергии твердого металла уменьшается относительно жидкости.

Степень переохлаждения – это разность между теоретической и фактической температурами кристаллизации. Чем сильнее степень переохлаждения, тем больше разность в уровнях свободной энергии, тем с большей скоростью будет проходить кристаллизация.

Характеристикой процесса кристаллизации являются кривые охлаждения в координатах «температура – время».

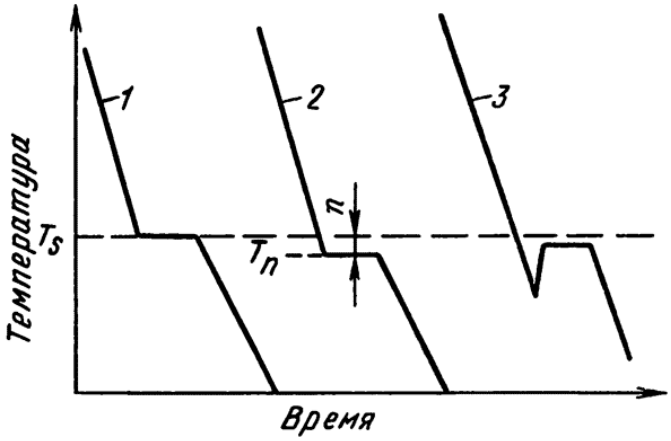

Рисунок 2 – Кривая охлаждения

Они показывают, что при определенной температуре кристаллизации на кривых отмечается горизонтальная площадка. Она указывает на внутреннее выделение тепла в процессе кристаллизации, которое компенсирует потери тепла во внешнюю среду.

Дендритная кристаллизация – это кристаллизация с ростом зерен по древовидной схеме, зависящая главным образом от направления отвода теплоты и анизотропии свойств кристаллов.

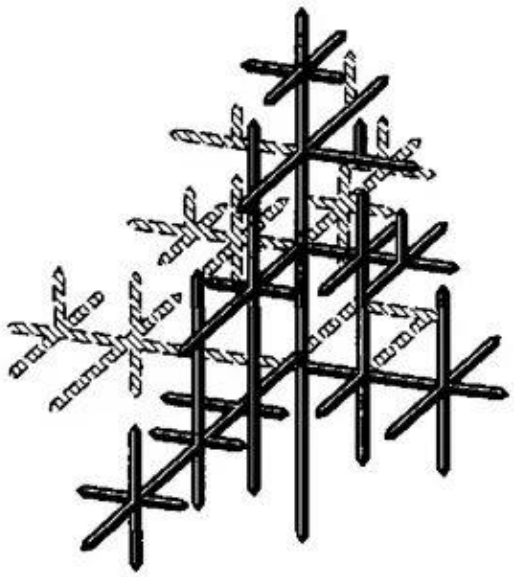

Рисунок 3 – Схема строения дендрита

Проведение научного опыта

Непосредственное наблюдение за кристаллизацией металлов невозможно, поскольку они являются непрозрачными. Процесс кристаллизации можно смоделировать на водных растворах солей, поскольку в обоих случаях процессы кристаллизации принципиально не отличаются и подчиняются одним и тем же законам. В то же время кристаллизацию солей из их водных растворов легко сделать доступной для наблюдения с помощью простых биологических микроскопов.

Явление, аналогичное процессу кристаллизации металлов, имеет место и в водных растворах солей: повышение концентрации раствора при испарении воды приводит на определенной стадии к образованию твердой фазы – выделению кристаллов растворенной соли.

Мы рассмотрим кристаллизацию на примере трех солей: хлористого аммония (NH_4Cl), натриевой соли ($NaCl$) и хромовой смеси ($K_2Cr_2O_7$).

Перед началом работы мы подготовили микроскоп. Придали микроскопу такое положение на столе, которые обеспечило хорошее и равномерное освещение зеркала искусственным источником света.

Палочкой мы нанесли на чашку Петри каплю раствора хлористого аммония (NH_4Cl). Затем поместили чашку на предметный столик под объектив. Чашку Петри предварительно промыли и протерли, чтоб она была совершенно чистой.

Опустили тубус так, чтобы между объективом и рассматриваемой каплей остался небольшой зазор. После этого, глядя в окуляр микроскопа, медленно поднимали тубус до момента, когда в поле зрения появилась рассматриваемая капля. Через несколько минут после нанесения капли на пластинку вследствие испарения воды, концентрация раствора увеличилась и началось выпадение избыточных кристаллов соли. Так как капля на стекле имела выпуклую форму, кристаллизация началась на периферии, где мы и сосредоточили свое внимание.

Мы провели наблюдение и сделали фотографии нескольких стадий кристаллизации: начальной, промежуточной и конечной.

На начальной стадии мы наблюдали начало образования мелких кристаллов (Рисунок 4) (NH_4Cl). На промежуточной стадии мы увидели удлиненные дендритные кристаллы – оси первого порядка (Рисунок 5). На конечной стадии мы наблюдали за удлинением осей первого порядка и зарождением, и ростом на их ребрах перпендикулярных ветвей – осей второго порядка (Рисунок 6).

Рисунок 4 – Начальная стадия кристаллизации

Рисунок 5 – Промежуточная стадия кристаллизации

Рисунок 6 – Конечная стадия кристаллизации

Затем мы рассмотрели процесс кристаллизации хромовой смеси ($K_2Cr_2O_7$), которая кристаллизуется в дендритной форме, также как и хлористый аммоний (NH_4Cl).

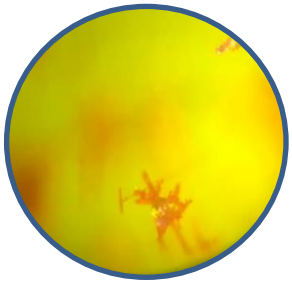

Рисунок 7 – Начальная стадия кристаллизации

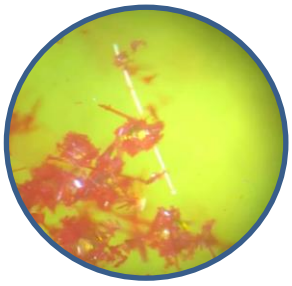

Рисунок 8 – Промежуточная стадия кристаллизации

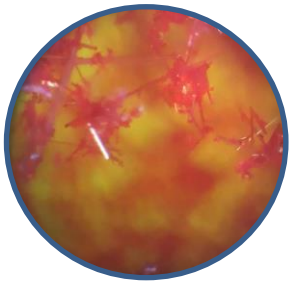

Рисунок 9 – Конечная стадия кристаллизации

Далее по тому же принципу мы рассмотрели процесс кристаллизации натриевой соли (NaCl). В отличие от хлористого аммония (NH_4Cl) натриевая соль кристаллизуется не в дендритной форме, а в кубической.

На начальной стадии мы наблюдали начало образования мелких кристаллов (Рисунок 10). На промежуточной стадии мы увидели кубические кристаллы с небольшими отклонениями (Рисунок 11). На конечной стадии мы

наблюдали за большим количеством квадратиков и прямоугольников, которые постепенно срастались (Рисунок 12).

Рисунок 10 – Начальная стадия кристаллизации

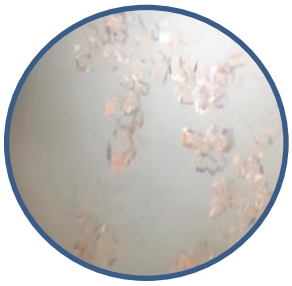

Рисунок 11 – Промежуточная стадия кристаллизации

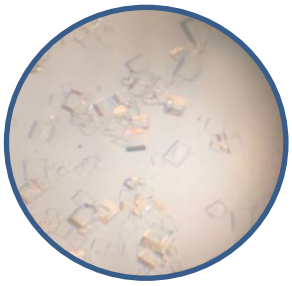

Рисунок 12 – Конечная стадия кристаллизации

Во втором этапе нашего научного эксперимента мы рассматривали кристаллизацию дифениламина и парафина.

Мы нагрели дифениламин до температуры 66 °C (Рисунок 13) и через равные промежутки времени (1 минута) замеряли температуру постепенно кристаллизующегося вещества. Затем мы построили кривую охлаждения.

Рисунок 13 – Нагревание дифениламина

Рисунок 14 – Кривая охлаждения

На кривой охлаждения мы видим, что при температуре кристаллизации 48 °C на кривой отмечается горизонтальная площадка. Она указывает на внутреннее выделение тепла в процессе кристаллизации, которое компенсирует потери тепла во внешнюю среду.

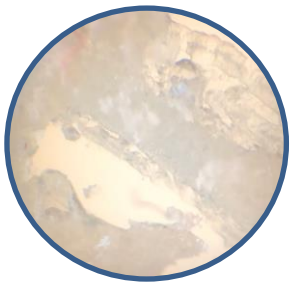

Рисунок 15 – Кристаллизация дифениламина

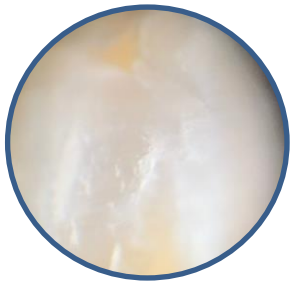

Рисунок 16 – Кристаллизация парафина

Третьим этапом мы рассмотрели кристаллизацию свинца.

С помощью горелки мы нагрели свинец в тигле. Во время перехода из твердого состояния в жидкое на поверхности образовалась корочка, это примесь, которая содержалась в данном металле. Из-за разницы температуры она отделилась.

Рисунок 17 – Нагрев стали

Как только свинец расплавился, перелили его в открытую форму для того, чтобы потом было легче его извлечь. Далее наблюдали процесс кристаллизации.

Рисунок 18 – Кристаллизация свинца издалека и вблизи

Мы видим, что зона, прилегающая к стенкам, вследствие большой скорости охлаждения затвердевает в виде мелкозернистой корки. Далее во время охлаждения снаружи образовалась корка, в дальнейшем при затвердевании во внутренних зонах под коркой образуется пустота, которая называется усадочная раковина. Также мы наблюдаем образование длинных столбчатых кристаллов, наиболее благоприятно ориентированных по направлению отвода тепла. Третья зона - равноосных зерен случайной ориентации.

1 образец – кусочек свинца, 2 – отливка, 3 – примесь не расплавившаяся

Рисунок 18 – Свинец до плавления и после

Теперь проведем процесс кристаллизации воска.

Рисунок 19 – Воск в жидком состоянии, отливка в форму

Рисунок 20 – Первичная кристаллизация воска

Рисунок 21 – Твердое состояние воска

После заливки жидкого воска в форму процесс затвердевания наблюдался медленно, так как температура плавления составляет около 70^0С. Если нагреть до 200^0С воск горит. Парафин отличается от воска тем, что в нем содержатся примеси, в воске их нет, тем самым он течет при плавлении. Сначала кристаллизуется воск у дна и края формы, а также по поверхности. Так как здесь скорость охлаждения высокая, образуется поверхностная корка. Далее кристаллы растут, вытягиваются (Рисунок 20). При непрерывной

заливке форма отливки более однородная как по длине, так и по поперечному сечению (Рисунок 22).

Рисунок 22 – Отливка воска

Вывод: таким образом при проведении научного опыта, рассмотрели влияние кристаллизации на структуру и свойства металла.

Список используемой литературы

1. Адаскин, А.М. Материаловедение (металлообработка): учеб. пособие для нач. проф. образования / А.М. Адаскин, В.М. Зуев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.