

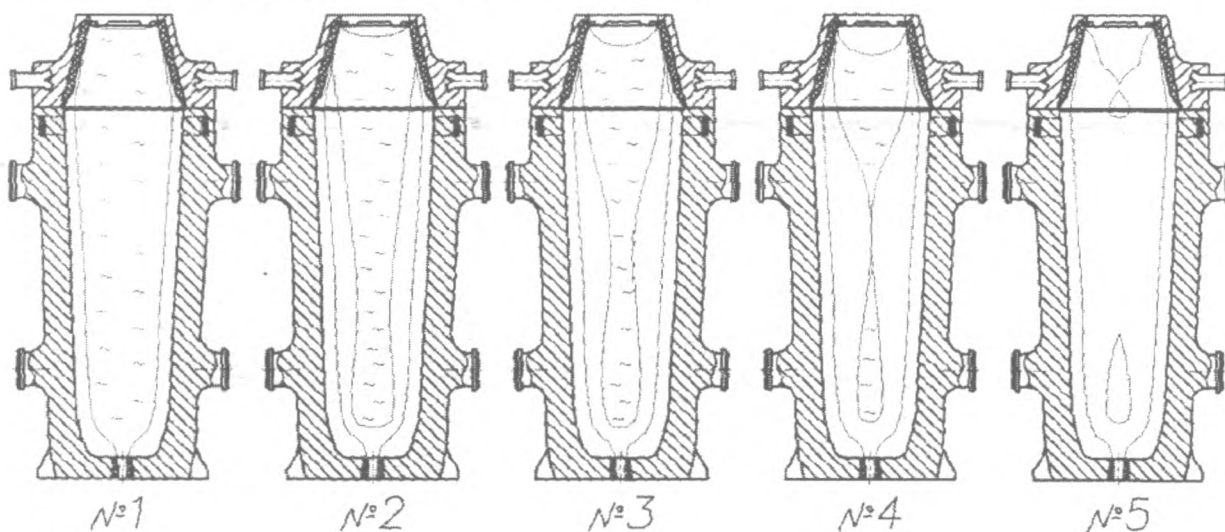
ЛИКВАЦИЯ В СТРУКТУРНЫХ ЗОНАХ СТАЛЬНОГО СЛИТКА ПРИ ЕГО КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Наиболее важной и сложной задачей получения качественных стальных слитков, является повышение их физической однородности. Однако, получение однородного слитка затруднено вследствие разных условий кристаллизации стали в различных структурных зонах под воздействием неравномерного распределения температурных полей, усадки, ликвации примесей и растворённых газов, а также других факторов.

В упрощённом варианте можно ограничиться тремя характерными кристаллическими зонами: корковая зона – состоит из мелких кристаллов близких к равноосным, оси первого порядка которых располагаются преимущественно перпендикулярно к поверхности изложницы; зона столбчатых кристаллов – у которых оси первого порядка направлены чётко перпендикулярно поверхности изложницы; зона неориентированных кристаллов – которая занимает всю среднюю часть слитка и состоит из крупных кристаллов с беспорядочным направлением осей первого порядка.

Переход от зоны столбчатых кристаллов к неориентированным, связан с величиной температурного градиента в жидкой части слитка в районе фронта затвердевания. Такой переход происходит при достижении этим градиентом некоторого минимального значения. Если увеличить скорость охлаждения, то зона столбчатых кристаллов возрастает, а если заливка происходит при достаточно низкой температуре – то зона столбчатых кристаллов значительно уменьшается.

Общая картина динамики затвердевания стального слитка схематически может быть представлена следующими характерными этапами:



Где:

- № 1 – образование зоны корковых и столбчатых кристаллов;
- № 2 – начальное осаждение кристаллов (выпадение их из жидкой фазы);
- № 3 – образование и рост зоны неориентированных равновесных кристаллов;
- № 4 – образование зоны отрицательной ликвации (конуса осаждения);
- № 5 – формирование подприбыльной зоны ликвации.

Большую роль в формировании структуры слитка играют первичные дендритные образования, формирующиеся в переохлаждённых слоях жидкости или представляющие собой подплавленные ветви дендритов. Захваченные фронтом кристаллизации дендриты, фиксируются под определённым углом к омывающему их конвективному потоку. С увеличением скорости конвективного потока и понижением скорости затвердевания, угол отклонения главной оси дендрита от перпендикуляра к поверхности изложницы – увеличивается, что приводит к образованию серединной зоны разноориентированных кристаллов.

При достаточно интенсивных конвективных потоках, происходит подплавление осей зарождающихся кристаллов и механическое обламывание ветвей дендритов. Отделившиеся частицы дендритов образуют жидко-твёрдую область и служат самостоятельными зародышами кристаллизации или расплавляются.

Образование дендритной структуры металла в процессе кристаллизации слитка связано с особенностью её формирования при затвердевании металла в зоне двухфазного состояния (жидкое – твёрдое). Наличие переохлаждённого расплава перед фронтом затвердевания приводит к тому, что сначала в переохлаждённом слое быстро растёт «скелет» дендрита, то есть сравнительно тонкая ось кристалла первого порядка. Затем уже происходит утолщение и разрастание дендритных «ветвей».

Теория ликвации (химической неоднородности) основывается на факте разной растворимости примесей в жидкой и закристаллизовавшейся стали. Наибольшую склонность к ликвации из обычных примесей в стали имеют кислород, углерод, сера и фосфор; и в значительно меньшей степени – марганец и кремний. Элементы С, О, S и P, у которых электроотрицательность значительно ниже чем у железа, в расплавах образуют с ним ионную и ковалентную связи, причём последняя осуществляется в результате образования квазимолекул соответствующих оксидов, карбидов, сульфидов и фосфидов. Из элементов образующих растворы с жидким железом, особый интерес представляет углерод, который содержится практически во всех сталях, потому что атомы углерода располагаются в центрах или серединах граней элементарных кубических ячеек, внедряясь в октаэдрические или тетраэдрические поры между атомами железа.

Вследствие несоизмеримо малого объёма одного растущего кристалла по сравнению с объёмом жидкой части слитка, каждый кристалл растёт из жидкой фазы практически постоянного состава. Однако по мере затвердевания слитка, растущие кристаллы выталкивают примеси в жидкую фазу, которая всё более обогащается растворёнными в ней газами и неметаллическими включениями, поэтому последние кристаллы образуются из загрязнённого примесями жидкого металла. То есть при отсутствии микрон неоднородности, наблюдается макрон неоднородность (макроликвация) металла слитка.

В прибыльной части слитка под усадочной раковиной, где сосредотачиваются затвердевают последние порции «загрязнённого» металла, обнаруживается максимальное содержание примесей. Предполагается что растворённый пузырёк газа или неметаллическое включение, поднимаясь вверх по направлению к прибыльной части слитка, проходит сквозь решётку растущих кристаллов двухфазной зоны и ломает их, прокладывая канал, по которому поднимается вверх обогащённый примесями металл меньшей плотности, стекающий в эти каналы с соседних межкристаллических участков.

Наиболее эффективными мерами по снижению степени развития ликвационных процессов, являются следующие:

- 1.) предельное снижение концентрации в стали сильно ликвирующих элементов;
- 2.) глубокое раскисление стали, снижение содержания в ней растворённых газов и неметаллических включений;
- 3.) разливка стали с возможно низкой температурой перегрева выше точки ликвидуса;
- 4.) модифицирование стали с целью измельчения первичной литой структуры слитка;
- 5.) заливка форм с по возможности малой скоростью;
- 6.) конструирование слитка с соблюдением условий направленного затвердевания к прибыли;
- 7.) применение эффективно работающих прибылей, в которых сталь должна находиться как можно дольше в жидком состоянии, чтобы большая часть ликватов успела всплыть в прибыльную часть слитка.