

Лекция 50

Тема: Строение слитка спокойной стали. Усадка металла и химическая неоднородность слитка. Способы уменьшения усадочной раковины.

План лекции:

Строение слитка спокойной стали.

Усадка металла и химическая неоднородность слитка.

Способы уменьшения усадочной раковины.

Для того чтобы выявить строение слитка, его разрезают по продольной оси или делают поперечные сечения (теплоты), шлифуют и протравливают полученные поверхности. Изучение таких сечений позволяет судить о структуре различных зон и образований в теле слитка. На продольных теплотах слитка спокойной стали почти всегда обнаруживаются три кристаллические зоны. Корковая мелкокристаллическая зона (рис. 1) имеет толщину 5 — 10 мм, ширина зоны столбчатых кристаллов колеблется в зависимости от условий разливки и вида стали в широких пределах — от нескольких миллиметров до половины сечения слитка. Случай, когда столбчатые кристаллы, растущие с противоположных сторон слитка, сходятся в его центре, называют *транскристаллизацией*. Такая структура чаще возникает в слитках непрерывного литья, характеризующихся небольшой толщиной и интенсивным теплоотводом. В нижней части слитка просматривается конусообразная область, мелкозернистая структура которой резко отличается от остальных зон слитка. Иногда эту область называют *конусом осаждения*, так как наиболее понятная причина ее образования — опускание мелких металлов, формирующихся возле основного фронта металлизации (см. рис. 1). Такую картину наблюдают, например, при моделировании процесса кристаллизации на прозрачных расплавах солей. Конус осаждения представляет собой конгломерат мелких кристаллов, затвердевающих вместе с основным металлом при усиленном теплоотводе к массивной донной части изложницы.

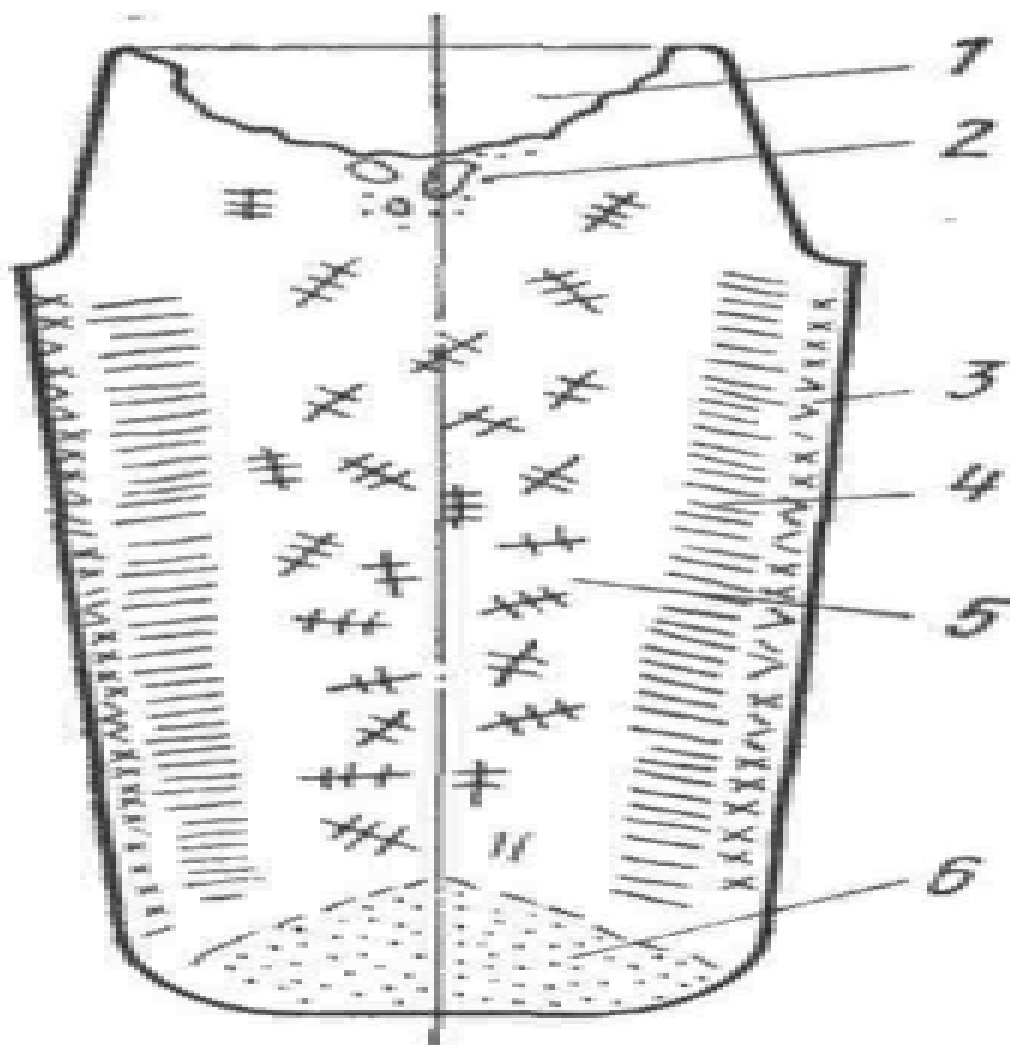


Рис. 1. Схема кристаллического строения слитка спокойной стали:

1 — усадочная раковина; 2 — усадочная рыхлость; 3 — корковая зона; 4 — зона столбчатых кристаллов; 5 — центральная зона равноосных кристаллов; 6 — конус осаднения

Кристаллизация сопровождается уменьшением объема металла, так как возрастает его плотность. Если принять плотность жидкой стали в пределах 6,9—7,1, а среднюю плотность литой стали 7,3—7,4 г/см³, то изменение плотности при кристаллизации Ар составит 0,3—0,4 г/см³. Это соответствует уменьшению объема стали (т. е. объемной усадке) в пределах 3—5%. Объемная усадка зависит от химического состава стали, и практически не поддается регулированию. Усадочная полость возникает там, где кристаллизуются последние порции жидкого металла; регулируя направления тепловых потоков, можно изменять ее расположение.

2.Закрытая усадочная полость (раковина) всегда заполнена газами, выделяющимися при кристаллизации стали; давление газа может достигать 0,2—0,3 МПа. Примерный состав газа, %, следующий: 93 Н₂, 1,5 СО, 1,2 СН₄, 3 (СО+О₂). Присутствие кислорода и СО₂ в газовой фазе придает ей окислительный характер.

В отличие от газовых полостей стенки усадочной раковины образованы более или менее развитыми кристаллами и, следовательно, имеют очень развитую поверхность. Это в сочетании с окислительным характером газовой среды, заполняющей раковину, приводит к сильному окислению стенок раковины и загрязнению их неметаллическими включениями. Кроме того, сталь, окружающая раковину, содержит повышенные количества серы и фосфора. Поэтому усадочная раковина не заваривается при прокатке или ковке слитка, металл, в котором она осталась, всегда идет в обрезь.

Ниже усадочной раковины располагается *усадочная рыхлость* — скопление мелких пустот в результате кристаллизации при недостатке жидкого металла. Кроме того, в слитке образуется множество мелких усадочных полостей на границах кристаллов, причиной этого являются частные усадки при кристаллизации замкнутых объемов между кристаллитами. Но такие мелкие пустоты удовлетворительно завариваются при прокатке и не оказывают вредного влияния на качество готового металла.

Поскольку объем усадки уменьшить нельзя, стремятся по возможности уменьшить обрезь металла, пораженного усадочными дефектами. Разработан ряд конструктивных и технологических мер, способствующих выведению усадочной раковины в верхнюю, головную часть слитка, целью которых является смещение теплового центра слитка (области с максимальной температурой) вверх, т. е. обеспечение возможно более позднего застывания металла в головной части слитка по сравнению с остальным его объемом.

3.Конструктивные меры по уменьшению глубины усадки сводятся к двум положениям. Во-первых, спокойную сталь обычно разливают в изложницы, расширяющиеся кверху, с уклоном стенок 2—4% на каждую сторону. Большее поперечное сечение и повышенная масса металла в верхней части слитка обеспечивают замедленное охлаждение его верха. В крупных слитках влияние конусности изложницы на расположение усадочной раковины проявляется слабее. Во-вторых, на изложницы для спокойной стали всегда устанавливают прибыльные надставки, футерованные огнеупорными материалами (кирпич, бетоны). Количество металла, входящего в прибыльную часть при разливке, составляет 12—18% общей массы слитка. Ввиду более низкой теплопроводности огнеупоров (по сравнению со стенками изложницы) металл в прибыльной части слитка охлаждается медленнее, чем в остальном его объеме. Для снижения потерь тепла через зеркало металла его поверхность после наполнения слитка закрывают теплоизолирующими засыпками.

Таблица 1. Плотность и коэффициенты теплопроводности футеровок

Тип материала	Плотность, г/см ³	λ , кДж/(м.ч.к), при температуре. °С			
		100	300	600	900
Вкладыш и: В-1 В-2 . . .	0,9-1,0	0,71	0,84	1,34	2,60
	1,05—1,15	0,71	0,71	0,92	1,13
Шамотный кирп и	1,8-1,9	3,23	3,65	4,27	4,90

Для уменьшения потерь тепла через стенки прибыльных надставок в последнее время для их футеровки применяют *теплоизоляционные вкладыши* в виде плит толщиной 30—40 мм. Вкладыши изготовляют централизованно и поставляют на металлургические заводы в контейнерах. Распространены вкладыши двух типов: вкладыши В-1, содержащие песок крупных фракций, огнеупорную глину, бумагу и сульфидно-спиртовую барду в качестве связующего, и вкладыши В-2, содержащие асбестит, обожженный дунит, бумагу и мочевиноформальдегидную смолу (связку).

Теплофизические свойства материалов, применяемых для футеровки прибыльных надставок, показаны в табл. 1.

Изучение теплового баланса прибыли показало, что доля тепла, передаваемого металлом прибыли в объем слитка, увеличилась при использовании вкладышей типа В-2 с 9 до 14%, соответственно уменьшилась глубина усадочной раковины. Экономический эффект от внедрения вкладышей составляет 0,7—1,3 грв/т за счет увеличения выхода годного.

Дальнейшее увеличение выхода годного возможно при подводе дополнительного тепла к головной части слитка. Эти технологические приемы разнообразны. Наиболее эффективные, но и дорогие способы обогрева применяют для слитков высоколегированной стали, что позволяет получать значительный экономический эффект благодаря увеличению выхода дорогостоящего металла.

При выплавке углеродистой и низколегированной стали широко применяют засыпку зеркала металла разогревающими смесями, носящими общее название *люнкеритов*. Действие люнкеритов основано на экзотермических реакциях окисления порошкообразных алюминия, ферросилиция, углерода и др. Окислителями служат кислород воздуха, оксиды железа, марганца, образовавшиеся на зеркале металла при разливке или специально введенные в смесь.

При разливке углеродистых и низколегированных сталей используют недорогие засыпки, содержащие углерод, инертные или теплоизолирующие компоненты: коксошамотные, зольнографитовые, перлитографитовые смеси и др. Составы некоторых высокотермичных сортов люнкерита (1—3), применяемых в отечественной металлургии, приведены ниже:

	1	2	3
Алюминиевый порошок	28	14	—
Порошок 45%-ного ферросилиция .	5	10	20
Древесный уголь	25	25	35
Шамотный порошок	35	30	35
Боксит	12	12	10

Компоненты люнкеритовых порошков представляют собой зерна крупностью 1,5—2 мм. Они должны быть хорошо просушены, тщательно перемешаны и храниться в герметичной упаковке.

Люнкериты 1 и 2 обладают наиболее сильным экзотермическим эффектом, но они и более дорогие. Такие материалы применяют при разливке высококачественной легированной стали. Относительно дешевые составы, не содержащие алюминия, менее экзотермичны, они используются при производстве низколегированной стали. Расход экзотермических засыпок колеблется в широких пределах — от 1,0 до 3,5 кг/т стали. Дают их сразу после наполнения слитка мерной емкостью на зеркало жидкого металла.

Экзотермические реакции сопровождаются выделением большого количества тепла, но благодаря присутствию в люнкеритах инертных или слабоокисляющих добавок они протекают спокойно и в течение значительного времени. По мере выгорания активных компонентов люнкерита остается пористая раскаленная керамическая корка, под которой металл сохраняется в жидком виде в течение 40—80 мин. Усадочная раковина слитка при использовании люнкеритов обычно получается открытой (см. рис. 131). Применение люнкеритовых порошков дает возможность дополнительно уменьшить головную обрезь слитка на 2—3% (по сравнению с теплоизолирующими засыпками). Это мероприятие экономически выгодно даже при дорогих утепляющих порошках.

Значительное снижение головной обрезь слитков можно получить, используя экзотермические вкладыши и брикеты. В их состав входят восстановители (порошки алюминия и ферросилиция), окислители (селитра, оксиды железа, марганца) и огнеупорные наполнители. Из экзотермических вкладышей готовят внутреннюю часть футеровки прибыльных надставок, экзотермические брикеты дают на зеркало металла после наполнения слитка. Очень эффективными оказались двухслойные экзотермические брикеты, в которых нижний слой представляет собой прессованную экзотермическую смесь, а верхний выполнен из теплоизолирующих материалов.

Недостатком экзотермических вкладышей и брикетов можно считать выделение значительных количеств вредных газов, сопровождающих химические реакции в смесях. Это обстоятельство может существенно ухудшить условия труда в разливочных пролетах цеха.

Вопросы для самоконтроля.

1. Назначение темплетов?
2. Расскажите о трёх кристаллических зонах.
3. Что называется транскристаллизацией?
4. Охарактеризуйте нужную часть слитка
5. Что называют конусом осаждения?
6. Чем сопровождается кристаллизация?
7. Назовите пределы уменьшения объёма стали?
8. Чем заполнена закрытая усадочная полость?
9. Где возникает усадочная полость?

Использованная литература:

Г.А. Соколов "Производство стали", стр. 384-389