

УДК 621.746.58

О.Н. Ямпольский (асп., каф. СиС), Э.Ю. Колпишон, д.т.н., проф.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕРВАЛА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СТАЛИ НА РАБОТУ ПРИБЫЛИ КРУПНЫХ СЛИТКОВ

В настоящее время в производстве роторов мощных энергомашин наблюдается тенденция к полному отказу от заготовок с осевой расточкой, что определяет необходимость повышения качества исходного слитка.

Известно, что качество стального слитка, особенно крупного, не всегда удовлетворяет предъявленным требованиям из-за дефектов, выявляемых ультразвуковым контролем. Выявленные дефекты, в основном, залегают в осевой зоне со стороны верха слитка. Дефектная зона имеет протяженность от верхнего торца заготовки до низа бочки, или располагается только в бочке.

При изучении характера дефектов, обнаруженных в 4-х заготовках роторов из стали 26ХНЗМ2ФА и 1-й заготовки стали 35ХНЗМФА было выявлено, что они представляют собой межкристаллитные трещины и поры с прослойками MnS.

Была выдвинута гипотеза о том, что межкристаллитные трещины образовались под действием усилий, возникающих при торможении усадки:

- 1) по периметру поперечного сечения предыдущим слоем под действием тангенциальных σ_r и радиальных σ_r напряжений;
- 2) предыдущим слоем по высоте слитка σ_z ;
- 3) по высоте слитка после возможного образования моста подприбыльного металла; в этом случае одна точка закрепления находится в уже затвердевшем днище слитка, а вторая - в объемах металла под прибылью слитка, при этом возникают максимальные усилия от торможения усадки стали P_{yc} и приводящие к развитию V-образной физической неоднородности [1].

По мнению авторов работы [2], при затвердевании стали, имеющей узкий интервал кристаллизации, такой как 26ХНЗМ2ФА (интервал кристаллизации в среднем 23°C), питание затвердевающих внутренних объемов стали затруднено. Для устранения межкристаллитных трещин необходимо организовывать замедленный теплоотвод от слитка, чтобы жидкая фаза между кристаллами имела возможность лучше заполнять микрообъемы. Следовательно, особенно важным фактором для производства слитков из подобных сталей является тепловая работа прибыльных надставок. Для подтверждения этого тезиса, было принято решение исследовать строение прибылей крупных слитков.

Для исследования были отобраны четыре прибыли слитков массой 147,5 и 137,4 т из сталей 10ГН2МФА и 20ГС. Прибыли были отделены при ковке недеформированными и отправлены на копер цеха № 36, где были разрезаны по осевой линии в продольном направлении на две половины, согласно разметке ЦЛЮ. Осмотр половинок прибылей показал наличие замкнутых мостов в прибылях слитков как 137,4 т, так и 147,5 т Ni-Mo стали и их отсутствие в Si-Mn стали. Под концентрированной усадочной раковиной сталей 10ГН2МФА и 20ГС была обнаружена зона вертикально направленных каналов, глубиной до 200 мм и диаметром ~ 10 мм.

Из металла прибылей 147,5 т слитков, из одинаково геометрически расположенных зон, были огнем вырезаны пробы и отправлены в ЦЛЮ для исследования. С проб были сняты серные отпечатки в продольном и поперечном направлении. Диаметр серных шнуров в стали 20ГС был в 2-3 раза больше, чем в стали 10ГН2МФА.

Для сталей 20ГС и 10ГН2МФА по формулам Kagawa and Okamoto [3] был подсчитан интервал кристаллизации, который для стали 20ГС составляет в среднем 50°C, а для стали 10ГН2МФА – 25°C.

Таким образом, затвердевание слитков из стали 10ГН2МФА проходит хотя и быстрее, с меньшей зональной и дендритной ликвацией, чем слитков 20ГС, но при затрудненном питании усадочных пор и несплошностей. Этим объясняется образование концентрированных пустот под мостами в стали 10ГН2МФА, приводящих к возникновению максимального усилия P_{yc} в верхней части тела слитка.

Исследование отобранных в подусадочной части прибыли со стороны тела слитка проб показывает, что металл имеет низкую травимость при травлении персульфатом аммония, азотной кислотой, реактивом Обергоффера. Направленность столбчатых кристаллов прослеживается на глубину 700 мм от поверхности с постепенным увеличением степени разориентированности главных осей. Наличие этой направленности указывает на преимущественное влияние теплоотода от стенок прибыльной надставки. В области равноосных кристаллов имеется преимущественно вертикальная направленность главных осей кристаллитов, следовательно, здесь направление теплоотода перпендикулярно к зеркалу металла.

Уменьшение тепловых потерь со стороны верха слитка является задачей, требующей решения в ближайшей перспективе.

Решение этой задачи возможно за счет следующих мероприятий:

- 1) Уменьшения времени от окончания разливки до начала утепления металла и применения теплоизолирующего материала более эффективного, чем вермикулит.
- 2) Разливки на воздухе под экзотермической шлаковой смесью с большой продолжительностью горения.
- 3) Разливки в вакууме с последующим утеплением прибыли теплоизолирующей крышкой с большой отражательной способностью.
- 4) Применение инокуляторов, например редкоземельных металлов, оксисульфиды которых являются центрами кристаллизации, уменьшают протяженность зоны столбчатой кристаллизации, приводят к образованию в центре слитков мелких равноосных кристаллитов. Действие инокуляторов тем эффективнее, чем уже интервал кристаллизации стали.

ЛИТЕРАТУРА:

1. В.А. Ефимов. Разливка и кристаллизация стали. М.: Металлургия, 1976.-552 с.
2. Проблемы стального слитка. М.: Металлургия, 1969 (Институт проблем литья АН УССР, Сб. №4). 648 с., с. 179—182.
3. Kagawa and Okamoto. Peritectic reaction in plain carbon steels.