

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ ПРОДОЛЬНЫХ ТРЕЩИН НА СОРТОВОМ ПРОКАТЕ

В настоящее время в условиях жесткой конкуренции на современном рынке металлопродукции постоянно возрастают требования, предъявляемые к качеству готового проката. Основной проблемой при производстве высококачественной продукции ответственного назначения является соблюдение культуры производства на всех этапах технологии от подготовки шихты до получения конечной продукции. В связи с этим цель настоящей работы состоит в определении природы поверхностных дефектов горячекатаных прутков различного профиля.

Для определения причин возникновения дефектов было исследовано 17 образцов, отобранных от горячекатаного прутка, и 2 образца, отобранных от слитка. Оригинальная методика проведения исследования включала в себя совместный анализ результатов металлографических исследований, позволивших установить характерные микроструктурные особенности пораженного дефектом металла, результатов микрорентгеноспектрального анализа неметаллических включений сопровождающих дефект, а также анализ сквозной технологии дефектных плавок.

На основании проведенного исследования было установлено, что дефект, имеющий внешний вид поверхностной продольной трещины, идентифицирован как дефект “раскатанная горячая трещина” и дефект “продольная трещина из-за заката окалины”. В первом случае дефект трансформируется из поверхностных трещин слитка в продольные трещины поверхности прутка, во втором - дефект образуется непосредственно в процессе пластической обработки.

Необходимо отметить сильное различие в микроструктуре металла между рассматриваемыми дефектами. Обширная зона обезуглероживания, толщиной до 170 мкм, и “рой” сателлитных включений, толщиной до 80 мкм, характерны для микроструктуры металла в районе дефекта “раскатанная горячая трещина”, тогда как микроструктура дефекта металла в районе дефекта “продольная трещина из-за заката окалины” характеризуется небольшим обезуглероживанием, толщиной до 40 мкм, и незначительным диффузионным слоем, толщиной всего до 5 мкм (см. табл. 1).

Таблица 1. Микроструктурные особенности рассматриваемых дефектов.

Наименование дефекта	Глубина залегания, мкм	Толщина обезуглероживанного слоя, мкм	Размер сателлитных включений, мкм	Толщина диффузионного слоя, мкм
“раскатанная горячая трещина”	до 1150	до 170	до 15	до 81,5
“продольная трещина из-за заката окалины”	до 1100	до 40	до 1,5	до 8

При изучении паспортов плавок, пораженных дефектом “раскатанная горячая трещина” была установлена низкая температура посадки слитков в нагревательный колодец, около 600°C, что на 150-200°C ниже аналогичного значения температуры посадки для плавок пораженных трещинами из-за заката окалины. Довольно низкая температура посадки в нагревательные колодцы связана с длительной передачей слитка после выкидки из изложницы, то есть продолжительным охлаждением слитка на воздухе, на некоторых плавках время передачи слитка составляет 2 часа 5 минут. Кроме того, слитки первого “куста” дефектных плавок были посажены в нагревательные колодцы в последнюю очередь.

На основании проведенного анализа технологических данных и результатов

металлографических исследований механизм образования поверхностных микротрещин слитка представляется следующим: в температурном интервале  $Ar_1 - Ar_3$  сталь претерпевает фазовые превращения, а именно переход аустенита в феррит. Данное превращение сопровождается значительным объемным эффектом, поскольку феррит имеет удельный объем примерно на 0,8 % больше, чем аустенит. Таким образом, при посадке слитка в нагревательный колодец с температурой поверхности на  $100-120^\circ C$  ниже температуры  $Ar_1$  (например: сталь 35, плавка № 5790, температура посадки  $600^\circ C$ , тогда как значение  $Ar_1$  для данной стали составляет  $711^\circ C$ ), более горячие внутренние объемы металла будут претерпевать фазовые превращения и сжиматься, тогда как поверхность слитка, не достигшая температуры  $Ar_1$ , будет испытывать максимальные растягивающие напряжения. Именно такие напряжения приводят к разрыву и образованию трещин поверхности металла, которые при последующей пластической деформации раскатываются в продольные трещины на заготовках, а затем и на готовом прокате. Благоприятный эффект может наблюдаться при температуре внутреннего объема металла выше температуры  $Ar_3$  (для стали 35  $Ar_3$  составляет  $791^\circ C$ ), поскольку альфа-гамма превращения будут протекать только в поверхности слитка, при этом поверхность будет испытывать сжимающие напряжения. Другой благоприятный эффект достигается при посадке достаточно подстуженного слитка, где поверхность слитка также испытывает сжимающие напряжения, поскольку температура поверхности слитка, после выравнивания температуры по всему объему, всегда будет выше температуры внутренних слоев металла при нагреве и первой достигнет значения температуры начала альфа-гамма превращения  $Ar_1$ .

Таким образом, на основании результатов проведенного исследования была установлена природа образования дефекта “горячая раскатанная трещина” и предложены следующие технологические рекомендации для снижения вероятности его образования: слиток перед посадкой должен быть с температурой поверхности  $750-800^\circ C$  или с температурой поверхности  $400-500^\circ C$  и ниже; время между выкидкой слитка из изложницы и посадкой в нагревательный колодец должно составлять не более 30 минут.